BAU

UND

ENTWICKLUNG DER FEDER.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE

AN DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG.

VORGELEGT

VON

ROBERT KLEE.

HALLE A. S.
GEBAUER-SCHWETSCHKE'SCHE BUCHDRUCKEREI.
1886.

BAU

UND

ENTWICKLUNG DER FEDER.

INAUGURAL-DISSERTATION

ZUR

ERLANGUNG DER PHILOSOPHISCHEN DOCTORWÜRDE

AN DER

UNIVERSITÄT LEIPZIG.

VORGELEGT

VON

ROBERT KLEE.

HALLE A. S.
GEBAUER-SCHWETSCHKE'SCHE BUCHDRUCKEREI.
1886.

SEINER LIEBEN MUTTER

GEWIDMET

VOM

VERFASSER.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545809_0079

Ende des Wintersemesters 1884/85 empfing ich in dem histologischen Praktikum des Herrn Dr. Fraisse zu Leipzig Anregung zu vorliegender Arbeit, die ich im Laboratorium des Herrn Geheim-Rath Prof. Dr. Leuckart ausführte. Es ist mir eine angenehme Pflicht, beiden meinen hochverehrten Lehrern an dieser Stelle meinen Dank auszusprechen für die thätige Unterstützung, die sie mir während der Dauer meiner Untersuchungen stets zu Theil werden liessen.

Ein so ausgezeichnetes Bekleidungsstück des thierischen Leibes, wie die Feder, konnte — es ist das natürlich — in den Zeiten, da das Mikroskop anfing der Begleiter des Zoologen zu werden, einer genaueren Untersuchung nicht entgehen. So finden wir, dass schon Malpighi und Leeuwenhoek Bau und Entwicklung der Feder zu ergründen versuchten, ohne indess — bei der Schwierigkeit der Aufgabe — mit ihren mangelhaften Instrumenten etwas Bedeutendes zu leisten. Von der ausserordentlich grossen Zahl von Forschern, welche sich seither mit unseren Thema beschäftigten, mag das angefügte Litteraturverzeichniss einen Begriff geben. Der Werth der meisten Arbeiten ist indess bis zum Jahre 1840 ein geringer. Erst von diesem Jahre an zeigt sich ein Fortschritt.

Es erschien nämlich in diesem Jahre das „System der Pterylographie“ von Nitzsch, herausgegeben und mit Anmerkungen versehen von Burmeister, ein Buch, das mit grossem Fleiss zusammengetragen hauptsächlich die Anordnung der Federn zu Fluren (pterylae) behandelt, in seinem ersten Kapiteln jedoch über Bau und Entwicklung derselben schätzenswerthe Aufschlüsse giebt.

Sechs Jahre später lässt die Disquisitio microscopica de plumarum pennarumque evolutione von Reclam einen weiteren Fortschritt erkennen, doch erst Stieda gelang es im Jahre 1869 in seiner Abhandlung „Ueber den Bau der Puderdunen der Rohrdommel“ den richtigen Weg zu finden, auf dem die Kenntniss der Entwicklung der Feder weiter

vorschreiten konnte. 1871 stellte Pernitza die Entwicklung des Erstlingsgefieders fest und 1873 beschrieb Studer die der definitiven Feder.

Mit diesen Arbeiten ist die Literatur über Federentwicklung so ziemlich abgeschlossen, ich müsste denn noch die Pterographischen Untersuchungen von Schröder (Halle 1880) erwähnen, die sich aber nur dadurch auszeichnen, dass ihr Verfasser keine Ahnung von den Schriften Stieda's, Pernitza's und Studer's hat, sondern nach dem Muster älterer Autoren eigene absurde Ansichten über Federentwicklung aufstellt.

Es liesse sich nach dem oben Gesagten schwer einsehen, was eine neue Bearbeitung nützen könne, wenn sich nicht herausgestellt hätte, dass einzelne Punkte von wesentlichem Interesse dunkel geblieben wären. Es sind dies namentlich die Fragen nach den Vorgängen, die sich bei der Ersetzung einer Feder durch die andere abspielen.

Andererseits hat die Technik im Laufe des letzten Jahrzehnts für die mikroskopische Forschung eine Vervollständigung erfahren, die uns in den Stand setzt, Schnitte von ausserordentlicher Vollkommenheit, ja ganze tadellose Schnittserien durch Federn anzufertigen, welche manchen, früheren Beobachtern versagten Aufschluss gewähren. Zum Dritten aber hielt ich es für eine nicht undankbare Aufgabe, Alles, was bisher über Federbau und Federentwicklung geschrieben worden ist, nach sorgfältiger Sichtung zu einem Ganzen zu vereinigen.

Die Eintheilung des Stoffes ergiebt sich von selbst. — Die Entwicklung der Embryonaldunen namentlich der mit einem Schaft versehenen Formen ist ausführlicher, als von Pernitza und Studer behandelt worden, so dass der entsprechende Abschnitt über die definitive Feder verhältnissmässig kürzer gefasst werden konnte.

Vorangeschickt habe ich eine Schilderung der zur Verwendung gekommenen Praeparationsmethoden.

Praeparationsmethoden. Um sich einen Einblick in den feineren Bau der Feder zu verschaffen, genügt es nicht allein, macerirte Theile derselben zu Zupf- und Quetschpräparaten zu verarbeiten, wie dies früher geschah, son-

dern es ist nothwendig, zahlreiche und womöglich dicht auf einander folgende Querschnitte anzufertigen, die besser als alle in anderen Richtungen geführten Schnitte die Structur der Feder erkennen lassen. Als Untersuchungsobjecte eignen sich am besten Huhn und Ente, deren Eier vom 6. bis zum 16. Tage die passendsten Stadien enthalten. Man öffnet vorsichtig die Schale des Eies und übergiesst den Embryo mit einer concentrirten Lösung von auf 50° C. erwärmtem Quecksilbersublimat. Die Epidermis und die sich über sie erhebenden Federkeime nehmen nach wenig Minuten eine weissliche Färbung an, worauf man die Lösung abgiesst und das überschüssige Sublimat in den Geweben durch Wasser oder besser durch stark verdünnten Alkohol auszieht. Die Gewebe werden durch diesen Process in ihrer natürlichen Lage dauernd fixirt, und danach durch allmähliges Ueberführen in absoluten Alkohol vom Wasser befreit.

Als Färbemittel bedient man sich des Pikrokarmins, das für unsere Zwecke von keinem anderen Farbstoff übertroffen wird. Denn während alle übrigen Tinctionsmittel das Horn der Feder fast ungefärbt lassen, zeigt uns das Pikrokarmin vom schönsten Roth der lebenden Zellen bis zum hellen Gelb der verhornten Theile die wunderbarsten Abstufungen. Den überschüssigen Farbstoff zieht man am besten durch mit etwas Pikrinsäure versetztes Wasser aus. Nach abermaliger Entfernung des Wassers durch Alkohol bringt man das Objekt — ein Stück Haut mit den anhaftenden Federwärzchen — in Nelkenöl, um es durchsichtig zu machen, darauf in Terpentin und schliesslich in geschmolzenes Paraffin, dessen Temparatur 50° nur wenig überschreiten darf, da das Horn der Feder sonst leicht ausserordentlich hart und brüchig wird. Nachdem die Federn einige Stunden in Paraffin bei gleichmässiger Temperatur gelegen haben, schmilzt man sie in reines Paraffin ein, lässt dasselbe erkalten und kann dann mit Leichtigkeit aus freier Hand oder mit Hülfe des Mikrotoms Schnitte und Schnittserien anfertigen. Hat man bereits stärker verhornte Bildungen vor sich, so ist es von Vortheil dem Pa-

raffin etwas Wachs zuzusetzen; genügt auch das nicht, so schmilzt man in reines Wachs ein.

Dieselben Methoden, wie für die Erstlingsfedern gelten für die Federn des erwachsenen Vogels. Man kann sich von diesen die nöthigen Stadien leicht verschaffen, indem man einem Vogel eine Anzahl Federn auszieht. Bereits nach wenigen Tagen erscheinen an den betreffenden Stellen die Spitzen neuer Federn. Am besten jedoch bedient man sich der Federn, die kurze Zeit nach dem Ausschlüpfen an Flügeln und Schwanz der Thierchen hervorsprossen. Diese werden nicht von einer solchen Stärke angelegt wie bei späteren Regenerationen, wodurch die Schnittführung eine wesentliche Erleichterung erfährt. Man bediene sich möglichst farbloser Federn, da das Pigment die Klarheit der Bilder in hohem Masse beeinträchtigt. Das Aufkleben der Schnitte erfolgte nach der Giesbrecht'schen Schellackmethode. Zum Einschluss wurde in Chloroform gelöster Canadabalsam genommen. Die Schnittdicken schwankten zwischen 0,05 und 0,01 mm.

Die Erstlingsfeder.

Bei der Betrachtung der Bekleidung einer jungen Taube, die vor kurzem das Ei verlassen hat, fallen uns schwache, gelblich gefärbte Büschel von Fäserchen ins Auge. Unter das Mikroskop gebracht, zeigen sich dieselben als platte hornige Lamellen, die nahe der Oberfläche der Epidermis in eine kurze Spule vereinigt sind. Nach ihrem oberen Ende laufen diese Strahlen, welche keinerlei Abzweigung zeigen, in feine Spitzen aus (Fig. I.).

Ein Hühnchen und eine Ente gleichen Alters zeigen eine ähnliche Bedeckung (Fig. II. u. III.). Aber schon das Hühnchen hat keine glatt verlaufenden Fäserchen mehr, sondern von einer Anzahl ziemlich gleichwertiger Strahlen zweigen sich eine Menge feinerer Strahlen ab, die iherseits wieder kleine wimperartige Fortsetzungen tragen.

Bei der Ente endlich zeigt sich ein noch mehr entwickelter Bau, indem die Spule einen ziemlich starken Schaft entsendet, der zu beiden Seiten in regelmässigen

Abständen jene Strahlen erster Ordnung trägt, die wir vorhin gleichwertig angeordnet sahen.

Der mikroskopische Bau dieser Gebilde ist ziemlich einfach. Hat man sie durch Nelkenöl durchscheinend gemacht, so erkennt man leicht an den Hauptstrahlen eine Mark- und eine Rindensubstanz, von denen die erstere aus grossen, kubischen, luftgefüllten Zellen, die letztere aus spindelförmig in einander greifenden Hornzellen sich zusammensetzt.

Die Nebenstrahlen entbehren des Markes und zeigen sich allein aus einer einfachen Reihe von ausserordentlich in die Länge gezogenen Hornzellen aufgebaut. —

Ein so zusammengesetztes Kleid ist jedem jungen Vogel während einer gewissen Periode seines embryonalen und postembryonalen Daseins eigen.

Lange Zeit war man sich über die Natur jener Büschel unklar, bis neuere Untersuchungen unwiderleglich bewiesen, dass wir es hier nicht mit haarähnlichen Bildungen, sondern mit Federn zu thun haben, die man wegen ihrer Ähnlichkeit mit den Dunen des erwachsenen Vogels als „embryonale Dunen“ bezeichnet hat. Den Namen „Erstlingsfeder“ wende ich in demselben Sinn an. —

Verfolgen wir zunächst äusserlich die Entwicklung unseres Federchens und beobachten wir einen jungen Vogel, der soeben im Begriff ist, das Ei zu verlassen!

Erstaunt sucht das Auge vergebens die zierlichen Federbüschel, deren wir vorhin gedachten. Plumpe länglich, zugespitzte Gebilde, den Stacheln eines jungen Igels nicht unähnlich, bedecken die Haut. Prüfend fasst die Hand nach ihren Spitzen, aber dem leichten Zuge folgt nur eine schlauchförmige zarte Hülle, und von dem zusammenhaltenden Bande befreit, breitet sich das junge Federchen aus. — Öffnen wir ein 16 Tage bebrütetes Ei, so zeigt die Epidermis des Embryo genau solche stachelähnliche Erhebungen, wie wir sie am ausschlüpfenden Jungen beobachteten, und gehen wir zu immer niederer Entwicklungsstufe zurück, so sehen wir zu Anfang des sechsten Tages die erste Andeutung der künftigen Federn als winzige Höckerchen auf dem Rücken und am Schwanze auftreten.

Bevor wir nun zur näheren Betrachtung dieser Entwicklungsvorgänge schreiten, wird es nicht unpassend erscheinen, einen Blick auf die zur äusseren Bekleidung des Embryos während der ersten fünf Tage dienenden Zellschichten zu werfen.

Zur Zeit, da das Ei eben gelegt ist, besteht jene äussere Schicht — das Ektoderm — aus einer einzigen Lage von regelmässig angeordneten Cylinderzellen, welche an der Stelle, wo die Medullarrinne sich einsenkt, sich durch rasche Theilung zu zwei Schichten spindelförmiger Zellen vermehren, die eine Dicke von 0,02—0,03 mm besitzen.

Nach den Seiten zu nimmt indess diese Dicke rasch ab, so dass über dem Dottersack nur eine ausserordentlich dünne Schicht von Plattenzellen liegt.

Die Gestalt aller dieser Zellen ist von den Druck- und Zugkräften abhängig, die auf dieselben einwirken.*) — Die Zellschichten des Rückens steigen in Folge eines Seitendruckes bis zur Stärke von 0,08—0,09 mm, werden aber durch rasches Wachsthum des Embryos wieder auf 0,01 mm reduzirt. Auf dem Rücken sind in Folge dessen die spindelförmigen Zellen zu Plattenzellen geworden, deren untere Schicht — die spätere Schleimschicht — eine ausserordentliche Theilungsactivität besitzt, die ihre Zellen bald eine kuboidische Form annehmen lässt, während die obere auch späterhin ihre Gestalt festhält. Doch nicht eher kommt es zu einer kräftigen Entwicklung als bis der mächtige Ausdehnungstrieb des Embryo nachgelassen hat.

Dies geschieht gegen Ende des fünften Tages; und nun beginnt jener Wucherungsprozess, der unter den bedeckenden Plattenzellen — dem Epitrichium — die Lagen der Epidermis immer mehr verdickt, bis sie wie ein zu weit gewordener Mantel zur Faltenbildung neigt, als deren Product wir die Entwicklung der Feder anzusehen haben. Solcher Falten finden sich eine Anzahl zunächst zu beiden Seiten des Schwanzes, auf dem Rücken und an den Flügelrändern. Wir bemerken dort eine Menge regel-

*) Kollmann, Der Tastapparat der Hand.
Gardiner, Beiträge zur Kenntniss des Epitrichiums.

mässig angeordneter Höckerchen, die sich in der Folge über den ganzen Leib des jungen Thieres ausbreiten.

Die Anordnung derselben ist schachbrettartig; auf dem Rücken scheint dieselbe den Segmenten des Körpers zu entsprechen.

Diese Höckerchen, die, wie wir oben gesehen haben, die niederste Entwicklungsstufe der Erstlingsfeder darstellen, sind nicht nur den Vögeln, sondern auch den Reptilien, ja sogar den Säugethieren während einer gewissen Periode ihres embryonalen Lebens eigen. Und wie die Federn beim Vogel, so sehen wir bei jenen Schuppen resp. Haare aus vollkommen ähnlich gebauten Gebilden hervorgehen.

Während aber beim Haar, dessen Papille durch bedeutende Kleinheit vor den anderen sich auszeichnet, dieser Zustand nur vorübergehend ist, ist er bei der Schuppe bleibend.

Ja, die Aehnlichkeit zwischen Schuppe und Feder, die sich z. B. an den Flügeln von Aptenodytes einander sehr nähern, sind so gross, dass wenn die Aehnlichkeiten des Knochenbaus der Reptilien und Vögel, sowie ausgestorbene Formen wie Compsognathus und Archaeopteryx unbekannt wären, die Entwicklungsgeschichte aus beider Epidermisgebilden nahe verwandtschaftliche Beziehungen folgern müsste.

Nur einer Biegung nach hinten bedarf es, um aus unserem Wärzchen die typische Form einer Schuppe hervorzubringen, während der Bau der jungen Feder, mit der wir uns jetzt beschäftigen wollen, schon bedeutend komplizirter ist.

Wir sehen, dass zur Zeit der ersten Federerhebung die Epidermis bereits aus zwei Schichten besteht, aus dem Epitrichium und der Schleimschicht, zwischen welche sich durch Theilungsprozesse der Schleimschicht neue Lagen von Zellen einschieben. Eine solche kleine Erhebung, die wir als Federpapille bezeichnen, gewährt in Längs- und Querschnitten etwa einen Anblick wie Fig. V—VII.

Wie zu sehen, wird auch das Bindegewebe dabei stark in Mitleidenschaft gezogen. In die Erhebung der Epidermis

drängt sich eine Cutispapille, die von einer zunächst einfachen Capillarschlinge durchzogen wird, als Nahrung zuführendes Organ ein. Mehr und mehr beginnt sich jetzt das Federwärzchen in die Länge zu strecken, die einfache Capillarschlinge fängt an sich zu verzweigen, so dass die Papille stark mit Blut gefüllt ist; die Zahl der epidermoidalen Zellschichten, der Bildungsstätten der Feder, ist gewachsen.

Um die gefässreichen Cutispapille herum liegen immernoch die regelmässig geformten Zellen der Schleimschicht; es folgen nach der Peripherie zu unregelmässig meist rund gestaltete Zellen in mehrfacher Schichtung, welche nach aussen durch die Plattenzellen des Epitrichiums begrenzt werden.

Die Länge des Federwärzchen ist noch ziemlich klein zu der Zeit, wo sich an den eben beschriebenen Zellschichten die Vorgänge abspielen, die in ihren Folgen zur Bildung der Feder führen.

Dieselben werden eingeleitet, indem sich in der homogenen, rundgeschlossenen Wand, welche die Epidermis bildet, eine Anzahl von Spalten öffnen, zwischen welche sich langgezogene Zellen der Cutis einschieben. (Fig. 8.) Der Beginn dieser Spaltung geschieht naturgemäss von der Spitze der Federpapille aus, wo dieselbe am schärfsten hervortritt, während sie nach dem Körper zu allmälich verschwindet. Die Anzahl dieser Spalten ist gleich der Anzahl der Strahlen oder richtiger Hauptstrahlen der künftigen Erstlingsfeder, denn wie wir sehen werden, wird das von je zwei Spalten abgeschnürte Zellmaterial der Epidermis entweder ganz oder doch zum grössten Theil zum Aufbau je eines markhaltigen Strahles verwandt.

Legt man durch eine Feder in diesem Stadium einen Querschnitt, so sehen wir, dass die Gestalt der Cutispapille, welche ja das Bestreben hat, in die Spalten der Epidermis einzudringen, sternförmig geworden ist. Aus ihrer Umhüllung gelöst, würde dieselbe den Anblick einer Säule gewähren, an der ein Steinmetz, nachdem er die Cannellirung der oberen Theile beendet hat, im Begriff ist, zu den unteren überzugehen. Denn wir müssen festhalten,

dass zur Zeit der beginnenden Einkerbung das Federwärzchen durchaus noch nicht seine volle Längenentwicklung erreicht hat, sondern dass erst durch allmähliches Wachsthum desselben die Cannellirung fortschreiten kann. Während oben also die Strahlen bereits vollkommen ausgebildet sind, ist unten noch der einfache Epidermisring ungetheilt vorhanden.

Dies sind im Allgemeinen die Prinzipien, die bei der Entwicklung einer jeden, nicht nur der embryonalen Feder zur Geltung kommen. Gehen wir nun zur Betrachtung der feineren Structur über, so müssen wir zunächst die Veränderungen ins Auge fassen, die ein grosser Theil der Epidermiszellen durch die Einkerbung erleidet.

Wie wir gesehen haben, liegen die Zellen des Stratum Malpighii zunächst der Cutispapille: also unter den günstigsten Bedingungen für eine Nahrungszufuhr. Dieser Umstand, der die Functionen der Zelle insbesondere ihr Theilungsvermögen zu einem sehr energischen macht, lässt ohne Schwierigkeit die cylinderförmige Gestalt aller Zellen der Schleimschicht erklären. Ebenso natürlich ist es, dass die über ihnen liegenden Epidermiszellen, dieser regelmässigen Druckverhältnisse entbehrend, eine unregelmässige, meist rundliche Form besitzen. Die nächste Folge der Spaltenbildung und des Eindringens der Cutis in die entstehenden Lücken wird also die sein, dass jene rundlichen Zellen besser mit Nahrung versorgt werden können; sie werden demnach unter gleiche Existenzbedingungen gebracht, wie jene des rete. Es darf uns daher nicht Wunder nehmen, wenn ihre Gestalt bald cylinderartig wird, wie bei den Zellen der Schleimschicht.

Die Cutispapille wird während dieser Vorgänge schon nicht mehr von einer einfachen Capillarschlinge durchzogen, sondern die Zahl der Blutgefässe ist bedeutend gewachsen und zwar kann ich nach meinen Beobachtungen die Vermuthung von Pernitza, dass in jeder Ecke des Sternes eine Capillare liege, als Thatsache hinstellen. Ueberhaupt konnte ich bis dahin die Beobachtungen von Pernitza als richtige anerkennen, in der Folge jedoch scheint eine mangelhafte Technik ihn zu einigen Irrthümern verleitet zu haben. So

bildet er z. B. einen übrigens stark schematisirten Querschnitt ab, der sich von dem vor kurzem besprochenen nur dadurch unterscheidet, dass die an den Spalten gelegenen cylinderförmigen Epidermiszellen sich etwas nach der Peripherie zu ausziehen und eine rhombische Gestalt annehmen, die einen solchen Zellcomplex einem dicht mit Blättern besetzten Aste nicht unähnlich macht. Längsschnitte, die allerdings leicht zu Irrungen Anlass geben, veranlassten nun genannten Autor zu behaupten, jene kubischen Zellen seien zum Aufbau der Nebenfäserchen bestimmt, während die mittleren Zellen jedes Feldes, die, wie er selbst sagt, sehr an die Zellen des Haarmarkes erinnern, die Hauptstrahlen bilden sollten.

In wie weit er sich hierbei getäuscht hat, wird sich ergeben, wenn wir zur Beschreibung der weiteren äusserst einfachen Entwickelungs-Vorgänge übergehen. Auch bei Studer, dessen Abhandlung bereits ausführlicher sich mit den einzelnen Entwicklungsphasen beschäftigt, ist einiges zu berichtigen. Denn auch ihm ist die durch die Spaltung verursachte Umwandlung der runden in cylinderförmige Zellen entgangen; er betrachtet vielmehr die Cylinderzellen als jene ursprünglichen des stratum Malp. und erklärt ihre Anordnung, indem er durch eine Wucherung der runden Epidermiszellen die Schleimschicht faltig in die weiche Cutispulpa eingedrückt werden lässt. Meine Beobachtungen haben dagegen ergeben, dass zur Zeit der beginnenden Spaltung keine einzige Zelltheilung bei den sogenannten Rundzellen, überhaupt keine Activität der Epidermis sich nachweisen lässt, wie Studer das annimmt. Ja es möchte im Gegentheil scheinen, als ob die Cutis jenen Prozess einleite, indem sie die starre Masse der Epidermis durch einen Zellkeil spaltet.

Kehren wir nach diesen Abschweifungen wieder zu unserem Ausgangspunkte zurück, so werden wir sehen, dass es nur weniger, höchst einfacher Vorgänge bedarf, um aus den durch die Einkerbungen entstandenen Falten die Theile der Erstlingsfedern entstehen zu lassen. Jene Cylinderzellen nämlich, welche zu beiden Seiten des Spaltes stehen, beginnen sich in der Richtung der Peripherie zu strecken

und schliesslich eine Anzahl von Rundzellen umfassend ein röhrenförmiges Gebilde darzustellen. Und zwar erleiden die ersteren dabei eine Umwandelung in Horn, während die letzteren zu lufthaltigen Markzellen metamorphosirt werden. Näheres hierüber findet sich in dem Theile meiner Arbeit, welcher sich mit der Entwickelung der definitiven Feder beschäftigt.

Von dieser Umschliessung bleibt jedoch die grössere Zahl derjenigen runden Zellen, welche mehr peripherisch liegen, ausgeschlossen und bildet in der Folge, zu bedeutender Länge ausgezogen, die Nebenstrahlen, welche sich an die eben entstandenen Röhren —, die Hauptstrahlen — anschliessen.

In der beschriebenen Weise bauen sich die Erstlingsfedern des Hühnchens auf, während sich bei vielen Vögeln grössere oder geringere Abweichungen zeigen. So ist es z. B. selbstverständlich und bedarf keiner weiteren Erklärungen, dass bei der Taube, deren Embryonaldunen keine Nebenstrahlen besitzen, das ganze zwischen je zwei Einkerbungen befindliche Zellmaterial für die Hauptstrahlen Verwendung findet. Dagegen möchte es gerathen sein, über die mit einem Schaft versehenen Jugenddunen der Ente noch einiges auszuführen. Verfolgen wir hier die Bildung durch einige Serien von Querschnitten, so werden wir höchstens dicht an der Spitze eine gleichmässige Dicke des Epidermisringes beobachten können, die sehr bald einem ungleichen Verhältnisse weicht, indem nach einem Punkte zu, welcher in der Mitte des Rückens der künftigen Feder liegt, eine Verdickung auf Kosten der entgegengesetzten Seite stattfindet. Eine eintretende Spaltung hat in Folge dessen eine ungleiche Stärke der Bildungsstätten für die Hauptstrahlen zur Folge. An der Stelle nun, wo die Verdickung am augenscheinlichsten ist, zeichnet sich bald ein Strahl vor den anderen durch beträchtliches Dickenwachsthum aus. Am besten lassen sich diese Verhältnisse an einer noch nicht völlig ausgebildeten Feder demonstriren, die man von ihrer Epitrichialhülle befreit hat. Dort sehen wir, wie zunächst die obersten, nachher sämmtliche andere Strahlen nach diesem einem zu convergiren, der zuletzt allein als Schaft

in der Spule endigt. Der Anfang sämmtlicher Strahlen befindet sich gegenüber dem Schafte, also da, wo der Epidermisring am dünnsten ist. Successive rückt der Strahl auf einer Querschnittreihe dem Schafte näher, bis er sich endlich mit diesem vereinigt. Er beschreibt also eine langgezogene Ellipse.

Jeder dieser Hauptstrahlen trägt nun gemäss dem kräftigen Charakter der Jugenddunen der Ente auch stark entwickelte Nebenstrahlen, zu deren Aufbau neben anderen auch ein Theil der Cylinderzellen Verwendung findet, die hier nur zur Hälfte an der Bildung der Hauptstrahlen sich betheiligen. Querschnitte zeigen uns, wie jene ehemaligen Cylinderzellen die untersten Partieen der Nebenstrahlen bildend in regelmässiger Anordnung zu beiden Seiten der Hauptstrahlen liegen. Die oberen Theile des Nebenstrahles bestehen aus Zellen, die wir zu den Rundzellen rechneten.

Mit der eintretenden Vollendung aller Partieen, die von der Spitze der Feder, wo die Verhornung ihren Anfang nimmt, nach unten fortschreitet, geht ein Absterben der Cutispapille Hand in Hand, so dass man bei der ausgebildeten Feder nur am untersten Ende der Spule lebensfähige Elemente derselben zu finden vermag.

Die Bildung der Spule selbst, die ja ein einfaches Epidermisrohr, das für die Entwicklung der ganzen Feder der Ausgangspunkt ist, repräsentirt, ist leicht durch ein Aufhören des Spaltungsprozesses zu erklären; es findet in Folge dessen eine Verhornung der ganzen epidermoidalen Schicht ohne Differenzierungen von Markzellen statt.

Das Epitrichium oder — um mit Kerbert verallgemeinernd zu sagen — die Epitrichialschicht ist nur während der frühesten Entwicklungsperioden eng mit den anliegenden Zellschichten verwachsen. Durch die Faltenbildung etc. erfährt diese Verbindung sehr bald eine Lockerung, die es bewirkt, dass die Epitrichialschicht rasch verhornt und das Federbüschel nur wie ein loser Mantel zusammenhält, der, sobald der junge Vogel das Ei verlassen hat, in Stücken abgeworfen wird.

Formen der Erstlingsfeder.

Leider sind die Formen der Erstlingsfeder nur von einer verhältnissmässig geringen Anzahl von Vögeln bekannt, was um so mehr zu bedauern ist, als es scheint, es ob die Vergleichung derselben für die Systematik Anhaltspunkte von grosser Wichtigkeit geben kann.

Ich wage es daher nicht, mich in weitere Erörterungen hierüber einzulassen, sondern werde mich darauf beschränken, die mir bekannt gewordenen Hauptformen möglichst kurz zu beschreiben. Vorausschicken will ich noch, dass bei der Beurtheilung des Jugendkleides der Beobachter insofern vorsichtig vorgehen muss, als die verschiedene Lebensweise oft noch verwandter Gruppen ebenso verschiedenartige Anpassungserscheinungen hervorgerufen hat. Wir müssen ferner festhalten, dass, während das Federkleid dem erwachsenen Vogel sowohl zur Fortbewegung als zum Schutze besonders gegen die Wärmeausstrahlung dient, bei dem jungen Vogel nur das letztere der Fall ist. Wir werden in Folge dessen die vollendetsten Formen der Jugenddune bei den Nestflüchtern, sowie denjenigen Nesthockern finden, deren schlecht gebaute Nester ihre Insassen der Ungunst der Witterung preisgeben, während gutconstruirte Nester, sowie das warme Klima niederer Breiten eine Verkümmerung der Erstlingsfeder nach sich ziehen. So zeigen die Schwimm- und Raubvögel den schönsten, dichten, pelzartigen Flaum, unsere Singvögel hingegen, die meist gute Nestbauer sind, und die Papageien eine derartige Reduction des ersten Dunenkleides, dass man mitunter nur mit Mühe die Federchen auf der nackt scheinenden Haut entdecken kann.

Zu dem sich hier anschliessenden Verzeichniss verschiedener Erstlingsfedern will ich noch bemerken, dass ich an der bisher gebrauchten Nomenclatur festhalte; unter Wimpern oder Cilien verstehe ich indess nicht wie Studer die Nebenstrahlen, sondern die fein nach oben ausgezogenen Enden der einzelnen, den Nebenstrahl zusammensetzenden Zellen.

I. Carinatae.

1. Ordnung. Natatores. Schwimmvögel.

a. *Aptenodytes patagonica.* Das zur Verfügung stehende Exemplar aus der Sammlung des Leipziger Zoologischen Institutes war bereits vor 50 Jahren ausgestopft. Die braunen Embryonaldunen liessen sich in Folge dessen schwer von der Haut ablösen. Namentlich liess sich nicht erkennen, ob die Hauptstrahlen in einem Schafte vereinigt sind oder gleichwerthig in der Spule endigen. Doch ist das letztere wahrscheinlich. Die Hauptstrahlen sind 3—4 cm lang und tragen zahlreiche Nebenstrahlen, welche namentlich nach der Spitze zu eine kräftige Bewimperung zeigen. Der Flaum ist sehr dicht.

b. *Podiceps auritus* (nach Studer). Mit einem Schaft versehene Erstlingsfeder, welche zahlreiche Haupt- und Nebenstrahlen besitzt.

c. *Anas boschas* sowie andere Enten- und Gansarten zeigen übereinstimmenden Bau der Jugenddunen. Die Grösse derselben schwankt an demselben Thiere von 1—5 cm. Aus einer kräftig entwickelten Spule erhebt sich ein starker Schaft, der die ziemlich steifen Hauptstrahlen trägt. Dieselben sind dicht mit Nebenstrahlen bedeckt; in ihrer oberen Hälfte besitzen sie jedoch keine Abzweigungen, so dass sie einen borstenartigen Charakter annehmen. Die Wimpern sind entsprechend dem Charakter der Feder zahlreich und kräftig. (Fig. III.)

2. Ordnung. Grallotores. Sumpfvögel, Stelzvögel.

Ciconia maguari. Altes, schwer zu untersuchendes Exemplar der Leipziger Sammlung, das schon von Studer benutzt wurde. Derselbe scheint die Spitzen der definitiven Feder als Erstlingsfeder abgebildet zu haben. Soviel sich sehen liess, endigen die Hauptstrahlen ohne Schaftbildung in der Spule. Schwache Nebenstrahlen mit Wimpern bedecken sie bis zur Spitze. Das ganze Federchen ist nur wenige mm lang.

3. Ordnung. Gallinacei. Hühnervögel.

Phasianus colchicus, *Gallus bankiva dom.*, *Tetrao tetrix*, *Perdix cinerea* und verschiedene andere untersucht. So sehr sich die Erstlingsfedern derselben durch Grösse und Färbung unterscheiden, zeigen doch alle die büschelförmige Anordnung der Hauptstrahlen. Dieselben sind ziemlich stark und steif; kurz vor der Spule vereinigt sich häufig ein kleiner Theil derselben zu einem winzigen Schäftchen. Nebenstrahlen und Wimpern sind bedeutend schwächer als bei den Schwimmvögeln. Die Länge der Dunen beträgt wohl nie mehr als 1,5 cm. (Fig. II.)

4. Ordnung. Columbinae. Tauben.

Columba livia. Lange, platte Hauptstrahlen, ohne Abzweigung verlaufend, endigen gleichwerthig in einer kleinen Spule. (Fig. I.)

5. Ordnung. Scansores, Klettervögel.

Die Erstlingsfedern zweier australischer Papageien: *Nymphisus Novae Hollandiae* Gray. und *Melopsittacus undulatus Shad.* wurden untersucht: Büschelförmige, spärlich über die Haut vertheilte Dunen. Die Hauptstrahlen besitzen fast keine Spur von Marksubstanz, sind bis zur Hälfte mit dünnen Nebenstrahlen besetzt und werden in ihrem oberen, unverzweigten Ende breiter, fast bandartig. Bei Nymphicus ist die Erstlingsfeder etwa 1 cm, bei Melopsittacus 2—3 mm lang.

6. Ordnung. Passeres (Incessores), Gangvögel.

Zahlreiche Formen wurden untersucht und ergaben im Allgemeinen dasselbe Resultat wie die Klettervögel. s. d.

7. Ordnung. Raptatores, Raubvögel.

Strix flammea L., *Milvus regalis Briss.*, *Buteo vulgaris L.*, *Nisus communis Cuv.* u. A. kamen zur Untersuchung. Dieselbe ergab überall eine büschelförmige Anordnung der sehr zahlreichen Hauptstrahlen. Besonders sperrig wird der Flaum durch die Menge der Nebenstrahlen und langausgezogenen Wimpern; doch wird die Dichtigkeit des Flaumes der Schwimmvögel nicht erreicht. Die Dunen der

Eulen sind fast doppelt so lang (4 cm), als die Tagraubvögel und zeichnen sich durch besondere Weichheit aus.

II. Ratitae.

Einzige Ordnung. Cursores, Laufvögel.

Dieselben sind, was ihr Jugendkleid anbelangt, am besten bekannt, denn wir kennen dasselbe von den Vertretern sämmtlicher drei Familien.

a. *Struthio camelus L.* besitzt die grössten bisher bekannt gewordenen Erstlingsfedern, die eine Länge von 10 cm erreichen.

Ueber den 1 cm langen, kräftigen Spulen erheben sich bis 30 Hauptstrahlen in büschelförmiger Anordnung, welche mit Wimpern tragenden Nebenstrahlen dicht besetzt sind. Von den Hauptstrahlen erheben sich 3—5 zu einer doppelten Länge wie die übrigen. Während sie sich aber in ihrer unteren Hälfte durch nichts vor den anderen unterscheiden, werden sie in der oberen Hälfte astlos und verbreitern sich zu hornigen, mit Mark erfüllten, plattenförmigen Gebilden.

b. *Rhea americana Lam.* (Fig. IV.) Die Jugenddune erreicht nicht die Grösse der vorigen, wird aber doch gegen 6 cm lang. Sie besitzt einen Schaft, der jedoch gegen die langen, starken von ihm sich abweichenden Hauptstrahlen ziemlich schwach erscheint, auch nur etwa halb so lang als dieselben wird.

Die Hauptstrahlen sind nur bis zur Hälfte mit Nebenstrahlen besetzt, während sie sich in ihrem oberen Theile in 2—3 markhaltige Enden, die ziemlich lang werden können, auflösen. Es ist das eine Erscheinung, die nur diesen Erstlingsfedern zukommt und die sich sonst nirgends wiederholt. Unter den Federn des erwachsenen Vogels werden wir später solche finden, bei denen gegenüber dem Hauptschaft noch ein Afterschaft vorhanden ist, der ebenfalls wie der Hauptschaft eine Fahne trägt. Die Entstehung zweier solcher Federsysteme, wenn man so sagen darf, lässt sich leicht erklären, wenn man zwei Linien annimmt, nach denen zu je die Hälfte der Falten in der oben beschriebenen Weise convergirt. Wenn sich diese Bildung auch nicht mit der unserer Erstlingsfeder deckt, so bekommen wir doch durch Vergleich damit einige Anhaltspunkte, in welcher Weise

die eigenthümliche Verzweigung der Hauptstrahlen zu Stande kommen dürfte. Der Spaltungsprozess geht zunächst in regelmässiger Weise vor sich und lässt den Epidermisring in eine Anzahl Theilstücke oder Falten zerfallen. Statt dass nun aber die aus jenen Falten entstehenden markhaltigen Strahlen direct in den Schaft übergehen, convergiren nun je drei oder vier derselben unter sich und lassen so einen kräftigen Stamm entstehen, der unter gewöhnlichen Verhältnissen selbst einen Schaft repräsentiren würde, hier aber nur als Hauptstrahl gilt

Die Studer'sche Abbildung dieser Erstlingsfeder ist unrichtig und stellt wahrscheinlich eine noch nicht vollständig ausgebildete Dune vor.

c. *Casuarius galeatus Vieill.* Die Jugenddunen dieses Vogels besitzen (nach Studer) ganz die Formen der Federn des ausgewachsenen Vogels, ohne den Afterschaft natürlich.

Die Federn des erwachsenen Vogels.

Wenn wir am jungen Vogel ein Kleid beobachten konnten, dessen einzelne Bestandtheile sich zunächst nur durch ihr Längenmass unterschieden, hat der erwachsene Vogel eine bedeutend grössere Mannigfaltigkeit seines Gefieders aufzuweisen. Denn abgesehen davon, dass der Kampf um's Dasein den ursprünglich einfachen, warmen Rock vielfach mit glänzenden Farben belebt hat, ist es ja eine Haupteigenschaft der meisten Vögel, in einem gewissen Alter sich mittels bestimmt modificirter Federn in die Lüfte erheben zu können. Eine Feder von der Form, wie wir sie beim jungen Vogel kennen lernten, mochte für derartige Leistungen untauglich sein, denn die linienförmige Beschaffenheit aller ihrer Bestandtheile würde keinen Widerstand an der als Stützpunkt dienenden Luft finden. Wie wir aber sehen werden, sind die gröberen Baustücke der definitiven Feder fast dieselben wie die einer embryonalen Dune z. B. der Schwimmvögel. Schon die schwächeren Linsen vergangener Jahrzehnte liessen den Bau solcher Federn ziemlich genau erkennen. Nitzsch beschreibt in seiner Pterylographie sämmtliche Theile der Feder in einer Weise, welche erkennen lässt, dass zu seiner Zeit dieselben längst bekannt waren. Die von diesem Forscher gebrauchte

Nomenclatur ist seither allgemein gebräuchlich geworden, so dass wir uns derselben in der Hauptsache anschliessen werden.

Die definitive Feder besitzt zunächst eine Spule (calamus), welche nach oben 1. den eigentlichen Schaft (rachis) trägt. Die seitlichen Verzweigungen des Schaftes werden 2. mit dem Namen Aeste (rami) bezeichnet. Es sind das die Hauptstrahlen der Erstlingsfeder. Die Nebenstrahlen finden wir 3. in den Strahlen (radii) wieder, welche zweizeilig von der dorsalen Kante der Aeste abgehen, und deren Zellen zum Theil zu Wimpern und Häckchen (ciliae et hamuli) ausgezogen sind.

Dass diese Bestandtheile der Feder zu einem flächenhaften Gebilde verflochten werden und dass namentlich die eigenthümlichen Häckchen bei dieser Verflechtung eine Rolle spielen — wurde ebenfalls schon früh eingesehen. In welcher Weise ein solcher Zusammenhang aber hergestellt wird, hat erst das vergangene Jahrzehnt enträthselt. Nitzsch meinte, dass die Häckchen eines Strahles in eine Reihe von Grübchen des denselben kreuzenden Strahles eingriffen, übersah aber dabei, dass jene Grübchen nichts sind als der in den verhornten Zellen des Strahles liegende Kern, welcher stärker lichtbrechend wirkt als seine Umgebung und daher leicht zu einer Täuschung Anlass geben konnte. Schon Burmeister kommt in seinen Anmerkungen zu Nitzsch der Wahrheit ziemlich nahe, indem er die Häckchen eines Strahles hinter den oberen verdickten Rand einer eben so grossen Menge von Strahlen des gegenüberliegenden Astes greifen lässt. Schliesslich findet sich bei Holland folgender Satz: „Die Strahlen jedes Astes reichen bis zum nächsten Aste und greifen mit den Strahlen jenes Astes fingerförmig in einander.“

Die Wahrheit ist die, dass der obere Rand aller Radien nicht verdickt, sondern einfach umgeschlagen ist, wodurch längs dieses Randes eine vollkommene Rinne zu Stande kommt, die unter dem Mikroskop allerdings den Eindruck eines verdickten Randes macht. Damit ist der ausserordentlich einfache und doch so sinnreiche und zweckmässige Apparat gegeben, der den losen Elementen der

Feder einen ziemlich festen Zusammenhang verleiht — einen Zusammenhang, der durch äussere Angriffe leicht gelöst, ebenso leicht aber vom Vogel wieder hergestellt werden kann. Denn wenn auch durch irgend welchen Zufall die Häckchen ihren Platz in den Rinnen verlassen haben, so bedarf es in den meisten Fällen nur einigen Glattstreichens um dieselben wieder in ihre alte Lage zu bringen. Man kann sich leicht davon überzeugen, wie schnell dies der Fall ist, wenn man einen Vogel durch Streichen mi der Hand von hinten nach vorn das Gefieder struppig macht; nur wenige Minuten dauert es und schon ist die Ordnung wieder hergestellt.

Das ist im Grunde alles, was nothwendigerweise vorausgeschickt werden musste, um die sich hier anschliessenden Entwicklungsvorgänge deutlich zu machen.

Was über die von obiger Beschreibung differirende Gestalt vieler Federn des erwachsenen Vogels zu sagen ist, wird an anderer Stelle ausgeführt werden.

Entwicklung. Die Entwicklung des ersten definitiven Federkleides beginnt bereits ziemlich früh. Der Vogel hat, wie man das beim jungen Hühnchen beobachten kann, noch nicht das Ei verlassen und schon zeigen an den Flügeln sowie am Schwanze die langgestreckten embryonalen Federpapillen in ihrem unteren dicht über der Epidermis liegenden Ende eine eigenthümliche, keulenförmige Verdickung. Streifen wir das Epitrichium ab, so erblicken wir eine merkwürdige Erscheinung: die Spule der Erstlingsfeder, die ihre vollkommene Ausbildung erreicht hat, beginnt sich an ihrem unteren Ende wieder in eine Anzahl von rasch an Dicke zunehmenden Strahlen aufzulösen, die offenbar die Spitzen einer im Entstehen begriffenen neuen Feder — der definitiven Feder — sind. Die nähere Beschreibung und Deutung dieser höchst merkwürdigen Uebergangserscheinungen wird uns bei dem Kapitel über Regeneration beschäftigen, hier interessirt uns nur die Thatsache, dass bereits im Ei die Spitze der definitiven Feder angelegt wird. Die ganze Papille senkt sich in Folge dieser neuen Federanlage tiefer

in die Haut ein, so dass sie an den Flügeln fast bis an das Periost heranreicht.

Die obersten Theile einer Schwungfeder sind von der einfachsten Konstruktion und ihre Entwicklungsgeschichte kann desshalb übergangen werden, da sich keine bemerkenswerthen Unterschiede gegenüber der Erstlingsfeder herausstellen. Anders jedoch werden die Verhältnisse, wenn wir Schnitte durch eine Region führen, die mehr nach der Mitte der künftigen Federfahne zuliegt. Ein Schnitt durch eine solche Stelle der Feder gewährt zwar in einem frühen Entwicklungsstadium fast dasselbe Bild wie eine Embryonalfeder, aber die dichten Lagen des epidermoidalen Baumaterials, sowie die gewaltige Ausbreitung der Nahrung zuführenden Organe lassen die Grösse des künftigen Bauwerkes nicht verkennen. Die Zahl der Blutgefässe in der Cutispapille ist nicht mehr auf den ersten Blick zu übersehen, sie beläuft sich in einzelnen Fällen auf über hundert, so dass die ziemlich starke Blutung, welche das Ausziehen einer halbfertigen Feder zur Folge hat, erklärlich wird. Die Zahl der Epidermisschichten ist ganz bedeutend und beträgt schon bei den nicht allzustarken Schwungfedern einer Taube gegen zwanzig.

Nahe der Cutis ist die Gestalt der Epidermiszellen cylinder- bis spindelförmig, nach der Peripherie zu nur rund bis polyedrisch. Abgeschlossen wird die Feder nach aussen durch eine Hornscheide, über deren Structur ich unten berichten werde.

In der starken Epidermisschicht entstehen nun wie bei der Embryonaldune, nur viel zahlreicher, Spalten, die durch das Eindringen des Coriums die bekannte Umwandlung von Rund- in Cylinderzellen nach sich ziehen. Die Cylinderzellen zeichnen sich durch Grösse und regelmässige Anordnung aus. Innerhalb je zweier zusammengehöriger Reihen von Cylinderzellen finden sich eine Anzahl von runden Zellen eingeschlossen, die sich in der Folge zum Theil zu Markzellen umwandeln (Fig. X). Die Bildung der Aeste, die wie die Hauptstrahlen der Erstlingsfeder ihre Bildung diesen Falten verdanken, geschieht, indem der zunächst an der gefässführenden Papille anliegende

Theil der Cylinderzellen die runden Zellen umwächst, worauf die Differenzirung in Horn- und Markzellen erfolgt.

Am oberen Ende der Feder ist der Querschnitt der Rami rund, später wird er dann keilförmig, bis er zuletzt eine lamellenartige Gestalt annimmt, deren unterer Rand etwas umgebogen ist, während der obere verdickt erscheint — eine Einrichtung, welche zweifelsohne die Feder befähigt, starke Druckwirkungen, ohne Schaden zu erleiden, auszuüben.

Die bei weitem grössere Menge von Cylinderzellen hat sich indess nicht an der Astbildung betheiligt, sondern ihre Lage in zwei Reihen beibehalten, die durch ihre unterste Zellen dann mit dem Aste in Verbindung treten. Aus je einer solchen Reihe geht ein Strahl hervor. Die Häckchen und Wimpern finden ihre Entstehung, indem sich die Cylinderzellen nach der Peripherie zustrecken und durch eine mehr oder minder grosse Umbiegung ihrer freien Enden entweder die ersteren oder die letzteren bilden.

Schaft und Afterschaft. Der Schaft, der an der Federspitze unter gleichen Bedingungen wie ein Ast aus den durch die Spaltung hervorgerufenen Epidermisfalten entstanden ist, zeigt natürlich dort mit einem solchen die grösste Aehnlichkeit. Erst nachdem er schon eine Anzahl von Rami aufgenommen hat, die, wie das bei der Erstlingsfeder auseinandergesetzt worden ist, nach ihm zu convergiren, tritt eine Verschiedenheit ein, die sich zunächst, aber keineswegs ausschliesslich durch die grössere Menge von Horn- und Markzellen bemerkbar macht. Dieselbe spricht sich auch dadurch aus, dass der Schaft — es ist immer nur von Schwungfedern die Rede — seine auf Querschnitten runde oder keilförmige Gestalt zu einer fast viereckigen verändert und auf der ventralen Seite eine Ausbuchtung zu bilden beginnt.

An einer fertigen Feder sehen wir diese Ausbuchtung in Form einer Hohlrinne verlaufen, die an der Stelle des Uebergangs vom Schafte zur Spule in einem nabelförmigen Grübchen endigt. Es darf diese Hohlrinne, trotzdem ihre Anfänge in einen Theil der Feder fallen, an dem der

Querschnitt der Cutispapille bedeutend grösser ist als das Lumen der Rinne, wohl nur als ein Abdruck derselben auf dem Schafte betrachtet werden, der seine natürliche Erklärung in dem Umstande findet, dass die Ernährung eines so compacten Gebildes, wie der Schaft es ist, die Nahrung zuführenden Organe zu dem Bestreben führt, ihren Zweck durch eine möglichst centrale Lage zu erreichen. Dieses Bestreben werden wir noch mehr bethätigt finden, wenn uns gute Querschnitte erkennen lassen, dass auf dem Grunde der Hohlrinne sich eine feine Spalte hinzieht, die bis zum Centrum des Schaftes führt und sich dort zu einer kleinen Röhre erweitert. Gewebstheile der Cutis drängen sich leistenförmig in den Spalt hinein bis fast zur Mitte des Schaftes, so dass es scheinen möchte, als ob letzterer seinen Ursprung einer besonderen Papille verdanke, wie das allen Ernstes auch früher behauptet wurde. Nahe der Spule erweitert sich diese Röhre so bedeutend, dass an der Uebergangsstelle die Cutispapille ganz in dieselbe hineintritt und auf diese Weise in die Spule gelangt. Die Dicke des Schaftes nimmt nach unten fortwährend zu; ein Umstand, der zuletzt von Einfluss auf das Verhalten der Aeste wird. Während nämlich am oberen und mittleren Theile der Federfahne die Insertionspunkte der Rami an die Rhachis eine gerade Linie bilden, macht die zunehmende Stärke des Schaftes eine seitliche Insertion unmöglich. Die Stellen, wo Schaft und Aeste sich vereinigen, rücken daher immer mehr einem Punkte zu, der gerade gegenüber der Rhachis liegt und bilden in Folge dessen eine Ellipse. Häufig befindet sich dem Schafte gegenüber an der Spule ein sogenannter Afterschaft, der meist dicht befiedert ist, und dessen Entwicklung wir uns aus dem Convergiren einer Anzahl von Falten nach einer am meisten ventral gelegenen Falte zu erklären haben. Es besitzt demnach eine solche Feder zwei Faltensysteme, von denen das erstere indess ungleich stärker zur Ausbildung gelangt als das letztere, dessen Schaft, Aeste und Radien in ihrer dünnen, fadenartigen Beschaffenheit den Typus einer Dune repräsentiren. Häckchen besitzt derselbe nicht. Je mehr ein solcher Afterschaft zur Entwicklung kommt, um so

mehr verliert der Hauptschaft mit seinen Anhängseln den Charakter einer Konturfeder. Beim Kasuar z. B., bei dem jede Feder neben dem Hauptschaft einen ebensolangen und starken Afterschaft besitzt, haben dieselben ihre Häckchen eingebüsst und einen vollkommen dunenartigen Habitus angenommen. Auch die Entwicklungsgeschichte macht ein derartiges Verhalten wahrscheinlich, denn es ist begreiflich, dass, wenn dem Schafte nur die Hälfte der Falten zufliessen, einerseits die Stärke der Aeste nicht bedeutend sein kann, anderenseits auch der Einfallswinkel der Aeste zur Rhachis ein ausserordentlich spitzer werden muss; lauter Eigenschaften, die dem Wesen der echten Schwungfeder nicht entsprechen.

Dass übrigens abnormer Weise zuweilen drei Faltensysteme angelegt werden, sah ich an einer Straussenfeder, welche sich im Besitze des Herrn Prof. Marshall, dem ich für manche wichtige Mittheilung in Bezug auf diese Arbeit grossen Dank schulde, befindet. Die aus diesen Faltensystemen entstandenen Schaftbildungen endigten jedoch nicht getrennt von einander in der Spule, wie wir das bei Schaft und Afterschaft beobachteten, sondern vereinigten sich zuletzt zu einem einzigen Schafte, der in Folge dessen drei Fahnen trug. Es scheinen die Federn der Strausse überhaupt zu dergleichen aussergewöhnlichen Bildungen zu neigen, wie das schon bei der Erstlingsfeder von Rhea americana erwähnt wurde. Von sonstigen mir bekannt gewordenen Abirrungen will ich noch die Feder eines Birkhuhns erwähnen, bei welcher der Afterschaft, wie das sonst nur bei den Casuariden der Fall ist, dem Hauptschaft an Länge gleichkam. Auch die Federn von Pavo cristatus, namentlich der weissen Varietät, zeigen zuweilen einen anormalen Bau. Diese Abänderungen für etwas anderes als Spiele des Zufalls zu halten, liegt vorläufig kein Grund vor.

Der Uebergang vom Schaft zur Spule ist ausserordentlich einfach construirt. Wie wir gesehen haben, ist der Querschnitt des Schaftes an seinem unteren Ende gleich dem der Spule geworden. Es gehen darum die äusseren verhornten Partieen des Schaftes einfach in die hornige

Röhre, welche die Spule vorstellt, über; die Markzellen dagegen setzen sich noch in zwei allmälich schwächer werdenden Streifen ein Stück in die Spule fort. Spule, Schaft und Aeste alle drei zeigen einen röhrenförmigen Aufbau, wodurch dieselben den Trägern nicht unähnlich werden, die man heute fast überall bei grösseren Bauten anwendet und die bei enormer Ersparniss an Material ebenso gute und manchmal bessere Dienste leisten, als solche aus compacten Metall gefertigte. Die Zweckmässigkeit dieser Einrichtung, die uns einen neuen Beweis dafür liefert, dass alle technischen Hilfsmittel des Menschen bewusst oder unbewusst die Natur nachahmen, springt in die Augen; es bedarf daher keiner weiteren Auseinandersetzung, von wie grossem Nutzen es für den Vogel ist, dass die wichtigsten Instrumente für seine Fortbewegung, deren Verlust er nur langsam ausgleichen kann, dermassen resistent und elastisch gebaut sind, dass äussere Angriffe nur schwer sie zu schädigen vermögen. Ich will bei dieser Gelegenheit einer äusserst zweckmässigen Construction gedenken, die ich bei einigen langen, weniger zum Fliegen als zum Schmuck dienenden Federn wie den grossen Bürzelfedern des Pfau gefunden habe. Der Schaft dieser Federn besitzt eine ausserordentliche Fülle von Marksubstanz, aber eine verhältnissmässig dünne hornige Rinde. Einige Querschnitte liessen mich nun erkennen, dass die Hornsubstanz regelmässige Ausläufer ähnlich den Speichen eines Rades ein Stück in die Marksubstanz hineinsendet, wodurch zweifelsohne das ganze Gebäude des Schaftes einen diesen Federn eigenthümlichen Grad von Steifheit erlangt. Eine ähnliche Einrichtung zeigen die Stacheln des Stachelschweins.

Spule. Ueber die Spule ist in Bezug auf ihren Entwicklungsgang wenig zu sagen. Sie ist das Product des Ganzen um die gefässführende Papille liegenden, ungetheilt verhornenden, epidermoidalen Ringes. — Es wird nach dem, was wir über Schaft und Aeste gesagt haben, verständlich sein, wenn wir die Spule als den ursprünglichen Bestandtheil der Feder, die ja im Allgemeinen nur als ein horniger Zapfen aufzufassen ist, betrachten. Federn, die

eine sehr starke Rückbildung erfahren haben, zeigen in der That nur eine Spule, deren oberer Rand ein wenig ausgefranst erscheint, wie das an den Flügelfedern von Aptenodytes pat. deutlich zu sehen ist. Die Federn treten dort den Schuppen ziemlich nahe und auch der von Studer angenommene Unterschied, welcher die Feder als ausschliesslich epidermoidales Gebilde im Gegensatz zu der Schuppe stellt, dürfte durch die nachfolgenden Ausführungen über das Verhalten der Cutispapille einen Stoss erhalten. Die Gestalt der Spule ist die einer mehr oder minder kräftig entwickelten hornigen Röhre, die an ihrem oberen Ende den Schaft etc. trägt. Nach unten verengt sich diese Röhre, nie aber findet man sie vollkommen geschlossen.

Cutispapille. Bei fast allen früheren Bearbeitern unseres Themas findet sich der Satz: „Nach vollständiger Ausbildung der Feder schnürt sich die Spule an ihrem unteren Ende zusammen und bringt so die Cutispapille zum Absterben.“ Die Unwahrscheinlichkeit dieser Behauptung ist leicht nachzuweisen, denn abgesehen davon, dass sich die Spule nie vollkommen abschnürt, lassen schon äusserliche Beobachtungen erkennen, dass, während die Feder noch nicht ihr halbes Längen-Wachsthum erreicht hat, bereits der obere Theil der Papille abgestorben ist. In diesem todten Zustande stellt sie sich als ein Strang von röthlicher Farbe dar, der wie aus der Natur des zum Aufbau verwandten Bindegewebes hervorgeht, sehr leicht zerreissbar ist. Am freilebenden Vogel, der seine ersten Fliegversuche anstellt schon ehe die Federn vollkommen ausgewachsen sind, wird in Folge dessen dieser obere Theil sehr bald verloren gehen und ebenso auch die nachwachsenden Partieen. Bei in der Gefangenschaft gezogenen Tauben ist es mir jedoch gelungen, ganze Federn mit der ihrer Länge entsprechenden Pulpa zu konserviren. Das Abreissen hat natürlich ein Ende an der Stelle, wo die Papille durch den Schaft in die Spule übergeht, die sie vor äusseren Angriffen schützt. Die Spule der fertigen Feder enthält aber ein eigenthümliches hornartiges Gebilde, das der Volksmund mit dem Namen „Federseele“ bezeichnet

hat. Die Verschiedenheit der Seele mit dem oberen abgestorbenen Theil der Cutispapille liess es als nicht wahrscheinlich erscheinen, dass die Seele nur ein Product derselben sei, und die Frage wurde aufgeworfen, ob nicht Theile der Epidermis an dieser Hornbildung betheiligt seien. Wie genaue Untersuchungen ergeben haben, kann indess von einer Mitwirkung der Epidermis nicht die Rede sein, denn überall auf Quer- und Längsschnitten war der Spulenring nach innen vollkommen geschlossen und zeigte nicht die mindeste Abzweigung. Ich sah vielmehr, wie innerhalb der Spule die äusserste Schicht der Cutis, welche im Gegensatz zu der sonst ziemlich lockeren Structur des Bindegewebes eine ziemlich homogene Lage bildet, einen Verhornungsprozess einging, wodurch eine in ihrer Form einer Flaschenkapsel nicht unähnliche kuppenartige Membran entstand. Unterhalb derselben trocknet die Cutis noch weiter ein, bis sie in einem gewissen Abstande eine neue Kuppe ausscheidet und sofort, bis die Spule zu Ende ist. Am Ende der Spule, das, wie bereits erwähnt, offen ist, sieht man den letzten Rest der Cutispapille als kleines Knöpfchen hervorragen. Es besitzt also nicht allein, wie Kerbert sagt, die Feder von Aptenodytes eine „bleibende Papille", sondern an jeder Feder eines beliebigen Vogels kann man dieselbe deutlich beobachten. Die schuppenartigen Federn von Aptenodytes lassen nur bei der grossen Weite ihrer Spule sowohl die „Querkammerung" als die restirende Papille besser als andere erkennen. Die Folgerungen, die Kerbert aus dem Vorhandensein von einer bleibenden Papille bei Aptenodytes zieht, würden sich also jetzt in verstärktem Masse ziehen lassen. Doch glaube ich, muss man entschieden Protest erheben, wenn er so weit geht zu behaupten, dass der Unterschied zwischen Schuppen und Federn durch diese Thatsache vollkommen aufgehoben worden sei.

Federscheide. Gleich der Erstlingsfeder ist auch die Feder des erwachsenen Vogels von einer hornigen Scheide umgeben, die nach oder richtiger successive während der allmählichen Vollendung derselben abgestossen

wird. Ehe wir jedoch den äusserlichen Vorgängen, welche die Entwicklung dieser Federscheide betreffen, die während des embryonalen Lebens durch das dünne Epitrichialhäutchen gebildet wird, näher treten, ist es nothwendig, die Epidermis der Vögel einer kurzen Betrachtung zu unterziehen. Die Bekleidung der Reptilien, ihrer nächsten Verwandten, ist von einer grossen Reihe gründlicher Forscher untersucht worden und man nimmt mit Kerbert noch heute fünf Schichten an, die sich in der Reihenfolge von oben nach unten als Epitrichialschicht, Körnerschicht, stratum corneum, stratum lucidum und rete Malpighii gliedern. Kerbert hat diese Schichten auch beim Vogel während seines embryonalen Lebens gefunden, während am erwachsenen Vogel nur Schleimschicht und Hornschicht sich deutlich unterscheiden liessen. Meine Untersuchungen, die vor allem darauf basirten, dass die Lagen etwa vorhandener verschiedener Epidermis auch an den Epidermisbildungen ihren differentesten Ausdruck finden müssten, haben nun für die federbildenden Schichten folgendes ergeben: Die Feder verdankt ihr Baumaterial zwei Schichten: dem stratum Malpighianum und einem Theile der Hornschicht, den ich mit dem Namen stratum corneum inferius bezeichnen möchte, während ein anderer Theil der Hornschicht das stratum corneum superius die Hornscheide bildet. Es war mir nicht möglich zwischen jenen beiden Lagen irgend welche genauere Grenze zu ziehen, so dass ich es vorzog beide als oberen und Theil derselben Schicht zu kennzeichnen. Ueber die Hornscheide jedoch ist noch eine dünne Membran gespannt, der ich erst in letzter Stunde meine Aufmerksamkeit zugewendet habe. Dieselbe ist meist einschichtig und unterscheidet sich durch ihre Structur wesentlich von den darunter liegenden Elementen der Hornscheide (s. Fig. IX). Ich hebe das besonders hervor, denn leicht könnte man glauben, dass die etwa besonders scharf gefärbte Grenzschicht der Hornscheide als eine besondere Lage von mir angesehen worden wäre. Dies ist jedoch nicht der Fall. Ich kann diese Schicht, welche die ganze Federscheide und somit auch die Feder überzieht, wie die Dinge liegen, für nichts anderes als eine

Epitrichialschicht ansehen. In dem dichteren Gefüge sehe ich kein Hinderniss für diese Auffassung, da sich auch sonst häufig, z. B. am Schnabel des Vogels, das Epitrichium ausserordentlich verdickt.

Es wäre damit auch für die Vögel der für die Reptilien erbrachte Beweis geliefert, dass die Epitrichialschicht bei dem Häutungsprozess, als welcher ein Federwechsel anzusehen ist, neugebildet wird. Recht gut in Einklang mit der Bildung eines Epitrichiums lässt sich die Thatsache bringen, dass bei gewissen Vögeln eine Mauserung des Schnabels und der Krallen stattfinde. Doch bedürfen alle diese Verhältnisse noch einer genaueren Untersuchung.

Unsere Epitrichialschicht wird abgestossen, noch ehe der aus dem stratum corneum superius hervorgegangene Theil der Hornscheide verloren geht. Die Hornscheide selbst wird erst mit der allmäligen Vollendung der Feder abgeworfen. Häufig bekommt man in einem gewissen Stadium eigenthümliche Gebilde zur Ansicht. Ist nämlich die Spitze der Feder aus der Hornscheide ein Stück hervorgebrochen, während der übrige Theil der Feder noch von derselben umhüllt wird, so gewinnt es leicht den Anschein, als ob wir es mit einer besonders geformten Feder zu thun hätten, bei der die Fahne büschelförmig auf einem sonst astlosen Schafte befestigt sei. Es ist dies darum besonders erwähnenswerth, weil Nitzsch und andere solche Entwicklungsstadien als eine besondere Federart (Puderdunen) beschrieben haben. Der weissliche Staub, welchen dieselben absondern sollen, rührt wohl nur von abgestossenen Theilen der Hornscheide her. — Aehnliche Formen können übrigens auch in Folge pathologischer Zustände eintreten. So ist mir z. B. eine Taube bekannt geworden, bei der die Hornscheiden eine anormale Dicke besassen und nicht abgeworfen worden waren, so dass das sonst vollkommen normale Thier mit Stacheln bedeckt zu sein schien. — Ein Verwachsen der Hornscheide mit dem Gewebe des Schaftes, wie Studer beschreibt, habe ich nicht beobachten können. Es handelt sich nur um ein Verkleben. Dagegen ist es richtig, dass die Scheidung der Hornschicht in zwei verschiedene Lagen aufhört, so-

bald die Spule sich zu entwickeln beginnt. Es ist also über der Spule kein Hornscheiden-, sondern nur ein Epitrichialüberzug vorhanden.

Zur Histologie der Horn- und Marksubstanz. Der Metamorphose im Horn begegnen wir auch sonst fast überall bei den höheren Thieren, aber fast nirgends lässt sich dieselbe mit einer gleichen Deutlichkeit verfolgen, wie bei der Feder, deren einzelne Theile der Untersuchung so leicht zugänglich sind. Die Metamorphose in Horn ist im Gegensatz zu anderen Zellmetamorphosen (Fett, Zellwasser etc.) eine solche, die an der bestehenden Ordnung des Zellinhaltes am wenigsten rüttelt. Es ist gleichsam ein Gefrierungsprozess, der alle Theile des Zellleibes, den Kern nicht ausgeschlossen, gleichmässig erstarren lässt, so dass selbst die schärfsten Linsen die Homogenität nicht aufzulösen vermögen. Der Unterschied zwischen chromatischer und achromatischer Substanz hat sich vollkommen ausgeglichen und die schärfsten Tinctionsmittel bleiben einer vollständig verhornten Zelle gegenüber fruchtlos. Der Kern behält dabei seine natürliche Lage im Centrum der Zelle, sowie seine Gestalt bei, passt dieselbe jedoch den verschiedenen Zellformen an. Lang gestreckte Hornzellen haben einen langgestreckten Kern etc. Ist die Form der Zelle compakt, so gelingt es nicht den Kern zu erblicken, ist sie dagegen plattenförmig wie bei den Zellen der Radien, so wirkt der verhornte Kern wie eine Linse und lässt in Folge dessen leicht seine Lage und Gestalt erkennen. Die Verhornung scheint ihren Anfang von der Peripherie der Zelle aus zu nehmen und erst allmälich zum Kern heranzutreten. Eigenthümlich ist es, dass der Inhalt stark verhornter Zellen eine wellige Structur annimmt, die man jedoch nicht überall zur Ansicht bekommt.

Die Umwandlung in Markzellen ist augenscheinlich als eine Hornmethamorphose zu betrachten. Horn- und Markzellen entstammen denselben Schichten und wir müssen annehmen, dass jede der Zellen aus dem stratum corneum inferius sowohl zur Horn- als zur Markzelle umgewandelt werden kann. Die causa efficiens könnte im Allgemeinen

die grössere oder geringere Nahrungszufuhr sein. Wir haben ja immer gesehen, dass viele der entstehenden Hornzellen sich durch eine pralle, regelmässige und grosse Gestalt, die sie ihrer günstigen Lage verdanken, von den kleineren, unregelmässigen Zellen unterscheiden, die später zu Markzellen werden. Doch ist auch dieser Unterschied nicht ganz zutreffend.

Die Markzellen haben eine starke hornige Membran, welche eine bedeutende Elasticität besitzt. Sie erfüllen die Hohlräume der Aeste und des Schaftes vollkommen und lassen keine luftgefüllten Intercellularräume übrig. Ihre Metamorphose hat mit derjenigen der Fettzellen eine äusserliche Aehnlichkeit, indem auch hier der Kern ausserordentlich reducirt wird und seine centrale Lage verliert. Es gelingt denselben durch Carminfärbung als kleines rothes Pünktchen nahe dem Zellrande sichtbar zu machen. Das Hyaloplasma der Zelle schwindet allmälich vollkommen, während Elemente des Spongioplasma noch eine Zeitlang ein grobmaschiges Gerüst bilden, das späterhin zur Verdickung der Zellmembran dienen mag. — Die Füllung der Markzellen mit Luft ist, wenn die Feder ihre Hornscheide abwirft, nur zum kleinsten Theil vollendet und schreitet erst allmälich vor.

Pigment. Eine Pigmentbildung kann man an der Feder in zwei verschiedenen Modificationen betrachten. Einmal durch die von Kerbert näher beschriebenen der Cutis entstammenden Wanderzellen, die zu stark verästelten Pigmentzellen in der Epidermis werden und dort die Färbung der Aeste und des Schaftes besorgen; andererseits sah ich an den Zellen der Strahlen etc. noch eine sozusagen freie Pigmentbildung. Es wurde nämlich das Pigment in Form von Körnchen und feinen Streifen rings um den Kern angelegt und erfüllt schliesslich den grössten Theil des Zellraumes. Sehr schön liess sich das an den dunenartigen Spitzen der definitiven Federn von Melopsittacus und. sehen. Pigment kommt nur in der Hornsubstanz vor, in der Marksubstanz ist nie eine Spur desselben zu entdecken.

Eine eigenthümliche Vertheilung des Pigmentes kann man an Federn beobachten, welche die Erscheinung des Irisirens zeigen. Das Pigment ist dort in ausserordentlich regelmässiger Weise schuppenförmig angeordnet, oder genauer, es zeigt sich in den Zellen ein feines protoplasmatisches Netzwerk, in dessen Fasern die kleinen spindelförmigen Pigmentkörnchen aufgehängt erscheinen (Fig. XIV). Es wirkt diese Anordnung augenscheinlich auf die Lichtstrahlen ähnlich, wie die feine Strichelung auf den Flügeldecken gewisser metallisch glänzender Insekten. Es werden daher wie bei diesen sehr schöne Interferenzerscheinungen hervorgerufen. Am besten lässt sich die Pigmentvertheilung an möglichst kleinen Federchen von Kolibri's sehen, deren dünne Hornsubstanz es erlaubt, die stärksten Immersionssysteme zur Anwendung zu bringen.

Es liegt nicht innerhalb der für diese Arbeit gesetzten Grenzen, auf die Färbung der Vögel im Allgemeinen näher einzugehen, nur über die eigenthümliche Umfärbung des Gefieders ausserhalb der Mauser möchte ich noch Einiges hinzufügen. An der Thatsache dieser Umfärbung ist nach den sehr zahlreichen Beobachtungen, die in den letzten Jahrzehnten bei den verschiedensten Vögeln gemacht wurden, nicht länger zu zweifeln, obgleich, wie schon Homeyer (Ueber die Rückenfärbung des brütenden Kranichs) nachgewiesen hat, man bei der Beurtheilung der einzelnen Fälle vorsichtig sein muss. Wie dieselbe zu Stande kommt, ist heute noch unentschieden und wird vermuthlich noch so lange unentschieden bleiben, als es nicht gelingt, die chemische Constitution der Pigmentfarbstoffe genau festzustellen. — Die Umfärbung nur als eine Ausbleichung zu betrachten, ist wohl nicht ganz angänglich, da die Farben oft einen satteren und glänzenderen Ton annehmen.

Für die Beurtheilung der Umfärbungserscheinungen ist es vielleicht von Wichtigkeit, darauf hinzuweisen, dass möglicherweise die Feder kein so todtes Gebilde ist, wie man gewöhnlich annimmt. Wenn auch eine Ernährung von der Haut aus nicht mehr stattfindet, so wäre es doch denkbar, dass in den Markzellen eine Art Nahrungsstoff angehäuft liege, der allmälich von der Feder verbraucht

und innerhalb der Markzellen durch Luft ersetzt wird. Natürlich meine ich nicht, dass die Feder irgend wachsen könne u. dergl., sondern halte nur chemische Veränderungen innerhalb der fertigen Zellen noch für möglich. Doch sind das Alles nur Hypothesen, die vorläufig auf keiner spezielleren Untersuchung beruhen. Sicher aber verdienen diese Fragen noch einer genaueren Forschung unterworfen zu werden.

Die Formen der bleibenden Feder.

Nitzsch stellt in seinem „System der Pterylographie“ vier Gattungen der definitiven Feder auf, die sich wohl noch in eine Anzahl Unterabtheilungen gliedern liessen und die er als Konturfedern, Dunen, Halbdunen und Fadenfedern bezeichnet. Meiner Ansicht nach ist es überflüssig, eine besondere Abtheilung für Halbdunen festzusetzen, da dieselben keinen besonderen Typus, sondern nur Zwischenformen repräsentiren. Wir theilen daher die gesammten Formen der Federn in drei Abtheilungen ein: 1. Konturfedern (pennae), 2. Dunen (plumae), 3. Haarfedern (piloplumae). Letzteren Namen habe ich namentlich darum gewählt, weil die betreffenden Federn hinsichtlich ihres Baues grosse Aehnlichkeit mit den Haaren zeigen.

1. Konturfedern, auch Lichtfedern werden diejenigen Federn genannt, welche dem Vogel seine charakteristische Gestalt geben. Sie bilden die eigentlichen Flugwerkzeuge, da nur ihnen die Häckchen zukommen, die es ermöglichen, die losen Aeste zu einer zusammenhängenden Fläche zu verbinden. Der vom Körper mit dieser Fläche verbundene Hebel — Schaft und Spule — ist namentlich bei den Schwung- und Steuerfedern ausserordentlich kräftig gebaut. Sie stecken tief in der Haut und werden von dieser mit einem fest anhaftenden Wall umgeben, in welchem 4—5 Muskeln endigen, die von kräftigen Nerven ihre Anregung empfangen. Es können in Folge dessen die Konturfedern bewegt werden.

Häufig besitzen die Konturfedern einen Afterschaft

mit dunenartiger Befiederung. Sie sind es auch, denen allein die Farben des Vogels zukommen.

2. Den Dunen ist eine für den Vogel nicht minder wichtige Rolle zugefallen als den Konturfedern, denn während diese der Fortbewegung dienen, haben jene dem Körper den nöthigen Wärmeschutz zu gewähren. Unter den Konturfedern liegend und von diesen vollständig überdeckt, entbehren sie einer jeden lebhaften Farbe. Schaft und Aeste sind dünn und biegsam. Den Radien, welche den Nebenstrahlen der Erstlingsfeder vollkommen gleichen, fehlen die Häckchen. Dafür sind sie aber ausserordentlich zahlreich, so dass ich z. B. an einer 2 cm langen Afterschaftsdune von Perdrix cinerea gegen 30000 gezählt habe. Da nun jeder Radius aus etwa 30 Zellen besteht und man für die Zellen der Aeste und des Schaftes niedrig gegriffen die Zahl 100000 annehmen muss, so ergiebt sich für diese kleine Dune bereits ein Gesammtverbrauch von ungefähr einer Million Epidermiszellen. — Eine besondere Muskulatur, wie die der Konturfedern, besitzen die Dunen nicht.

3. Die Haarfedern endlich zeigen einen Bau, der selbst von dem der Erstlingsfeder bedeutend abweicht (Fig. XI). Auf einem mitunter mehrere Centimeter langen, astlosen Schafte von grosser Dünne, der nichtsdestoweniger eine ziemlich Beugungsresistenz hat, sitzt ein winziges aus wenigen dunenartigen Strahlen bestehendes Fähnchen. Die Spule ist ausserordentlich klein. — Die Fadenfedern finden sich immer in der Nähe von Konturfedern und umgeben häufig in einer Zahl bis zu zehn die Konturfeder in einem Kranze.

Ueber die ihnen zukommenden Functionen lässt sich mit Sicherheit nichts nachweisen.

Ausser diesen typischen Federformen besitzt fast ein jeder Vogel in seinem Federkleide eine Menge von Abstufungen, die namentlich zwischen Konturfedern und Dunen vollkommene Uebergänge herstellen und von denen Nitzsch eine Anzahl unter dem Namen „Halbdunen“ vereinigt hat. Es sind dies Federn, die von den Konturfedern den starken Schaft und theilweise die Farben, von den Dunen die

fadenförmigen, häckchenlosen Aeste besitzen. Angesichts dieser Uebergangsformen drängt sich von selbst die Ueberzeugung auf, dass der Unterschied zwischen Dunen und Konturfedern nur eine Anpassungserscheinung ist, die unter Umständen vollkommen aufgehoben wird. Die Schuppen an den Vorderextremitäten von Aptenodytes lassen ebensowenig wie die Federn des Casuars mit ihrem gleichlangen Afterschafte einen Unterschied zwischen Kontur- und Dunenfeder erkennen. Dasselbe ist der Fall da, wo die Federn einen borstenartigen Charakter annehmen, wie an den Mundwinkeln und um die Augen vieler Vögel zu sehen ist. Auch die borstenartigen Bildungen werden genau in der Weise angelegt und ausgebildet, wie irgend eine andere Feder. An den Borstenbündeln auf der Brust des Truthahns kann man diese Entwicklung sehr schön studiren.

Aber es giebt am Leibe des Vogels noch einfacher gestaltete Federgebilde, als die eben erwähnten Borsten, deren wir hier Erwähnung thun müssen. Ausser den Flügelstacheln des Casuars, die ich nicht näher untersuchen konnte, meine ich besonders die hornigen Papillen, die sich vielfach in der Mundhöhle der Vögel an den Oeffnungen der Choanen und am hinteren Ende der Zunge vorfinden. Dass dieselben zum Theil als Federn, die auf sehr niedriger Entwicklungsstufe stehen geblieben sind, betrachtet werden müssen, geht aus einer kleinen Arbeit des Herrn Professor Fraisse: „Ueber Embryonalfedern in der Mundhöhle der Vögel“ hervor. Derselbe untersuchte an einem Entenembryo, der vielleicht in zwei Tagen die Eischale durchbrochen hätte, diese Papillen und fand auf Längs- und Querschnitten die typischen Bilder der embryonalen Dune.

Wenn ich nun auch nicht annehme, dass jene embryonalen Dunen durch Verschmelzung der Aeste die Hornpapille des erwachsenen Thieres bilden, sondern vielmehr der Ansicht bin, dass diese Erstlingsfedern gleich dem ganzen embryonalen Federkleide abgeworfen und durch ein bleibendes Gebilde, den später sich entwickelnden Hornzapfen, ersetzt werden, der also hier die Rolle einer definitiven Feder spielen würde, so genügen doch diese Thatsachen, zu beweisen, dass bei sehr starker Rückbildung die Feder

in einfachster Form als ein blosser Hornzapfen erscheint. Besser entwickelt finden sich diese Hornzapfen an den Pinselzungen gewisser Papageien und Kolibris. Es ist mit ziemlicher Bestimmtheit anzunehmen, dass auch dort ihnen Erstlingsfedern vorausgegangen sind.

Plättchenfedern. Zuweilen findet man bei Vögeln Federn, welche sonst vollkommen normal gebildet sind, an der Spitze des Schaftes aber ein mehr oder minder grosses lanzettförmiges Plättchen tragen, wie das bei Ampelis garrula und Anastomus lamelliger besonders schön zu sehen ist. Die Entwicklung dieser Plättchen, die aus einer Mark- und Rindensubstanz aufgebaut sind, zu erklären ist nicht schwierig, wenn man sich vorstellt, dass am obersten Theile der Feder die ringförmige Epidermislage nur von einer einzigen Spalte durchsetzt wird. Gewöhnlich geht übrigens eine zahlreichere Spaltenbildung voraus, die aus irgend einem Grunde eine Unterbrechung erleidet, als deren Produkt das Plättchen resultirt. Bringt man eine Anzahl Plättchen vom Ampelis garrula unter das Mikroskop, so wird man sicher bei einigen am oberen Rande in regelmässigen Abständen von einander eine Summe kurzer, fadenartiger Fortsetzungen zu Gesicht bekommen, die zweifellos als Ueberbleibsel einer vorhergegangenen Faltenbildung aufzufassen sind. Noch evidenter zeigt sich dies an den Plättchenfedern von Gallus Sonneratii (Fig. XII.). Dort nämlich sind nicht allein am oberen Rande solche Fortsetzungen vorhanden, sondern das Plättchen selbst erleidet eine mehrfache Unterbrechung, indem sich seine solide Masse in eine Menge regelmässiger Strahlen auflöst, die alsbald sich wieder zu einem Plättchen vereinigen. Es liess sich eine solche Entstehung der Plättchen nach Analogie der Flügelfedern von Aptenodytes leicht vorhersehen: denn auch dort vereinigen die kurzen Strahlen sich sehr bald zu einem mächtig verbreiterten Schafte, an dessen Verbindungsstelle mit der Spule man nur ein beliebiges Stück Federfahne einzuschalten braucht, um ganz ähnliche Formen, wie oben beschrieben, zu bekommen.

Die Stellung der Federn.

Es würde für die Zwecke dieser Arbeit zu weit führen, wollten wir ausführlicher die Stellung der Federn bei den verschiedenen Gruppen erörtern. Die hierüber von Nitzsch geführten Untersuchungen lassen höchstens hie und da eine Ergänzung wünschenswerth machen, während ihr wissenschaftlicher Werth sonst noch voll und ganz besteht. Wir werden uns daher beschränken, auf dem Boden der „Pterylographie" von Nitzsch einen kleinen Überblick zu geben.

Dass an den Flügeln und am Schwanze des flugfähigen Vogels, den Theilen, die für seinen Flug die wichtigsten Werkzeuge sind, die Konturfedern in vorzüglicher Grösse und Zahl vorhanden, Dunen dagegen fast ganz ausgeschlossen sind, ist aus Zweckmässigkeitsgründen leicht zu erklären.

Die übrigen Theile des Körpers zeigen eine gleichmässigere Vertheilung beider Federarten, aber doch nicht so, dass Kontur- und Dunenfedern in regelmässiger Abwechslung die Bekleidung der ganzen Haut bilden, sondern in der Art, dass an gewissen Stellen ein Streifen von Konturfedern auftritt, der von einem Dunengebiete umschlossen ist. Dabei sind die Reihen der Konturfedern gewöhnlich von Dunen durchsetzt, nie dagegen findet man einzelne Konturfedern inmitten eines Dunenfeldes. Diese Streifen von Konturfedern hat Nitzsch mit dem Namen „Federfluren" (pterylae), die mit Dunen besetzten oder nackten Körperstellen dagegen als „Federraine" (apteria) bezeichnet.

I. Solcher Federfluren sind nach Nitzsch folgende vorhanden:

1. Die Rückgratflur (pt. spinalis), 2. die Schulterfluren (pt. humerales), 3. die Oberschenkel- oder Lendenfluren (pt. femorales s. lumbales), 4. die (einfache oder doppelte) Unterflur (pt. gastraei). 5. die (seltenen) Halsseitenfluren (pt. colli laterales), 6. die Kopfflur (pt. capitis), 7. die Flügelfluren (pt. alarum), 8. die Unterschenkelfluren (pt. crurales), 9. die Schwanzflur (pt. caudae). Neben diesen könnte man vielleicht noch eine Zungenflur (pt. lingualis) annehmen.

II. Raine. 1 Die Halsseitenraine (apt. colli lateralia), 2. Rumpfseitenraine (apt. trunci lateralia), 3. den Unterrain

(apt. mesogastraei); seltener kommen noch vor 4. (der Rückgratrain (apt. spinale), 5. die oberen Flügelraine (apt. alae superiora), 6. die unteren Flügelraine (apt. alae inferiora), 7. die Unterschenkelraine (apt. cruralia), 8. die Kopfraine (apt. capitis).

Die Anlage solcher Federfluren ist mit der Flugfähigkeit der Vögel eng verbunden, da Vögel, welche ihr Flugvermögen verloren haben, wie Aptenodytes, Casuarius etc. eine gleichmässige Vertheilung des Federkleides über den ganzen Körper, wie das auch beim ersten Dunenkleid aller Vögel zu sehen ist, aufweisen, während alle guten Flieger hochentwickelte Fluren und Raine besitzen. Doch ist das vielleicht nicht die einzige Ursache, welche die Differenzirung in Fluren und Raine zur Folge gehabt hat. Die meisten Fluren sind nämlich mit besonderen Hautmuskeln ausgestattet, welche es dem Vogel u. a. auch möglich machen, sein Gefieder zu sträuben und auch die Stellen, welche er mit dem Schnabel nicht zu erreichen vermag, von anhaftendem Schmutze zu befreien. Die Bildung eines Hautmuskels an irgend einer Körperstelle hat daselbst die teilweise Umwandlung der Dunen zu Konturfedern zur Folge, ein Vorgang, der physiologisch leicht erklärbar ist, insofern der Gebrauch eines Muskels den Blutumlauf befördert, starker Blutzufluss aber, wie schon Samuel auseinandersetzt, eine der Hauptbedingungen für die Anlage eines kräftigeren Federkeimes ist. Die Bildung von Fluren und Rainen ist also in letzter Linie als eine Anpassungserscheinung zu betrachten.

Die Regeneration der Feder.

Die Regeneration der Feder oder mit anderen Worten die Mauser hat schon frühe das Interesse der Zoologen erregt. Dass das alte struppig gewordene Federkleid mit neuen und glänzenderen Farben belebt wurde, dass dabei viele der alten Federn verloren gingen, ebensoviele neue als Ersatz heranwuchsen. Alles das ist zur Genüge von der langen Reihe von Forschern, die sich mit diesem Thema beschäftigten, beschrieben worden. Wie aber dieser Vor-

gang sich abspiele, davon hatte man keine Ahnung und selbst bei Studer findet sich so gut wie nichts darüber. Die Arbeit von Samuel behandelt die Regeneration allein vom physiologischem Standpunkte aus. Es interessirt den Autor die Thatsache, dass man eine Feder 5—6 mal hintereinander ausziehen könne und dass dieselbe immerwieder neu gebildet werde; oder er macht die Beobachtung, dass wenn man eine Feder an dem einen Flügel ausziehe, die entsprechende Feder des anderen Flügels ausfalle und dergleichen mehr. Und doch liegen die Regenerationserscheinungen so offen vor Jedermanns Auge, sind so oft, allerdings nur obenhin, beschrieben worden und abgebildet, dass es wunderbar erscheint, wenn bisher Niemand die nöthigen Consequenzen zog. Namentlich die erste Mauser, während welcher die Erstlingsfedern verloren gehen, und der Vogel sich mit einem Kleide von definitiven Federn bedeckt, lässt die Regenerationserscheinungen am deutlichsten wahrnehmen. Eine junge Taube, die den ersten Flug gewagt hat, erkennen wir leicht unter ihren Genossen an dem gelblichen Anfluge, der Brust und Hals überzieht. Dieser gelbliche Anflug wird durch eine Menge von Embryonaldunen veranlasst, die der Spitze der bleibenden Federn aufsitzen. Ein solches Aufsitzen, das wir bei genauer Beobachtung an den meisten Federn des Vogels beobachten können, setzt natürlich als unerlässliche Bedingung voraus, dass jede Feder gerade unterhalb der Embyonaldune angelegt werde. Wie das schon ältere Autoren beobachtet haben, ist das in der That der Fall.

Bei jungen Hühnchen vorzüglich kann man beobachten, wie noch unter der ersten Epitrichialhülle die Spitzen der definitiven Feder in Zusammenhang mit der Spule der Erstlingsfeder angelegt werden. Es gelingt ohne besondere Schwierigkeiten, durch solche Verbindungsstellen Längsschnitte zu legen und schon ein einziger gut gelungener Schnitt lässt die ganze Sachlage überblicken. Da sehen wir denn, dass die durch die Entwicklung der Spule unterbrochene Spaltenbildung in der Epidermis unterhalb der Spule in ganz ähnlicher Weise wieder aufgenommen wird. Wir sehen aber auch, dass die gefässführende Papille als

ein vollkommen zusammenhängender Strang aus der Spule der Erstlingsfeder heraustritt und an der Bildung der bleibenden Feder Antheil nimmt. Es ist nicht die mindeste Andeutung davon zu sehen, dass die Papille der Erstlingsfeder abgestorben sei und eine neue auf dem Grunde des alten Federfollikels sich gebildet habe. Embryonalfeder und bleibende Feder gewähren somit das Bild zweier Röhren an einer Schnur. Wenn wir uns nun den Umstand ins Gedächtniss zurückrufen, dass am untern Ende jeder bleibenden Feder der Rest der Papille als kleines Knöpfchen in die Spule hineinragt und denselben mit den hier erwähnten Thatsachen combiniren, so kommen wir leicht zu dem Satze:

„Alle zeitlich aufeinander folgenden Federn eines Vogels besitzen ein und dieselbe Cutispapille."

An einer grossen Menge von Beobachtungen fand sich dieser Satz bestätigt. — Bei den Mauserfedern eines alten Exemplars von Anas boschas, die ich untersuchte, waren die Spulen der alten Federn fest mit den Spitzen der neuen Federn verwachsen. Von einem etwaigen Aufkleben konnte nicht die Rede sein. Das Verhalten der Cutispapille konnte ich nicht genau verfolgen, da die Verhornung der umgebenden Schichten zu stark war. — Auch auf pathologischem Wege liess sich die Richtigkeit obiger Behauptung nachweisen. Schneidet man eine halbentwickelte Feder an einer Stelle durch, wo die Cutispapille noch Blut enthält, so wird die verletzte Feder sehr bald abgestossen und eine neue, die mit der Spule der alten fest verwachsen ist, tritt hervor (Samuel). Dieses Abschneiden kann man, so oft man will, wiederholen und so eine ganze Kette halb ausgebildeter Federröhren erhalten, die sämmtlich an dieselbe Cutispapille aufgereiht sind. — Sehr schön sind die Uebergangserscheinungen von den kräftig entwickelten Erstlingsfedern der Enten zu den bleibenden Federn (Fig. XIV). Es theilt sich nämlich die Spule der embryonalen Dune nicht gleich in eine grössere Anzahl von feinen Spitzen einer neuen Feder, sondern in 2—3 mächtige Hornstreifen, die sich allmälich in feinere Aeste auflösen, die dann ihrerseits die Spitze der defini-

tiven Feder bilden. — Bei den Eulen (s. Fig. XV) ist die Spule der Embryonal-Dune so kurz und mit so viel Spalten durchsetzt, dass sie gewöhnlich in mehreren Stücken den Aesten der Federfahne aufsitzt; es gewinnt dadurch den Anschein, als ob die bleibende Feder aus den vereinigten Follikeln mehrerer Erstlingsfedern hervorgehe. — Solche Federn mit aufsitzender mehrfach gespaltener Embryonaldune mögen es gewesen sein, die Nitzsch u. A. zu der Behauptung veranlassten, dass die erste Bekleidung der Vögel „aus bald abfallenden dunenartigen oder borstenförmigen Fortsätzen, welche auf den Spitzen der zuerst gebildeten Aeste einer Feder aufsitzen", bestehe. — Doch genug. Bei sämmtlichen Vögeln, die ich nur untersuchen mochte, fanden sich die Uebergänge, wie wir sie beschrieben haben, sowohl zwischen Embryonal- und bleibender Feder als auch bei allen späteren Mauserungen. Die Einheit der Papille liess sich für den ersten Federwechsel ganz unzweideutig nachweisen, für die spätere Mauser unter Berücksichtigung des ersten Federwechsels, der künstlich hervorgerufenen pathologischen Zustände, sowie des festen Zusammenhangs der Mauserfedern mit grösster Wahrscheinlichkeit annehmen.

Die von Studer gegebene Abbildung eines Vogelflügels, an welchem demonstrirt werden soll, dass bei der Mauser der grossen Schwungfedern die neue Feder neben der alten heraustrete, lässt auf den ersten Blick erkennen, dass nicht die eigentlichen Schwungfedern, wohl aber die kleinen Flügeldeckfedern, deren Vorgänger längst aus der Haut gehoben und abgerissen wurden, in der Mauser begriffen sind. Auch bei den Schwungfedern folgt, soviel ich beobachten konnte, eine Feder auf die andere, es hebt dabei die neue Feder die alte aus ihrer Hautfalte heraus.

Zur ersten Anlage von Schuppe, Feder und Haar.

Während alle Forscher darin übereinstimmen, dass die erste Anlage der Schuppen und Federn durch die Bildung eines Wärzchens geschehe, stehen sich in Bezug auf die Haaranlage Reissner und Götte einerseits, Remak und

Kölliker anderenseits gegenüber, von denen die ersteren das Haar auf gleiche Weise wie Schuppe und Feder angelegt werden lassen, während letztere eine zapfenförmige Wucherung des Rete Malpighii in die Cutis hinein als das Primäre bezeichnen. Es gesteht indess schon Kölliker zu, dass beide Arten der Haaranlage vorkommen. Aber auch die Schuppe legt sich, nach den neuesten Beobachtungen von Fraisse, häufig und zwar nicht nur an regenerirten Körpertheilen von Reptilien, sondern auch bei Embryonen durch eine Einsenkung an. Es ist das namentlich bei Schuppen, welche eine sehr breite Basis besitzen, der Fall. Was nun die Feder anbetrifft, so muss ich gestehen, dass es mir nicht gelungen ist, beim erwachsenen Thiere eine — so zu sagen — selbständige Neubildung von Federn zu beobachten, eine Neubildung, deren Möglichkeit und Wahrscheinlichkeit nicht in Zweifel zu ziehen ist, ich konnte vielmehr nur eine Federneubildung in Zusammenhang mit der vorhergehenden Feder constatiren, wie das im vorigen Abschnitte näher beschrieben wurde. Man kann diese Bildungsart wohl als Einsenkung bezeichnen und annehmen, dass eine eventuelle freie Federbildung beim erwachsenen Thier nach diesem Prinzipe stattfinden wird.

Diese verschiedenen Anlagemethoden, die namentlich beim Haar ihren differentesten Ausdruck finden, scheinen mir durch sehr einfache und rein mechanische Wirkungen bedingt zu sein, die in der verschiedenen Dicke der Hornschicht ihre Ursachen haben. Haar, Feder und Schuppe verdanken ihre Anlage, wie das schon früher erwähnt wurde, einer Faltenbildung, welche vom Rete Malpighii ausgeht und bei welcher die Cutis nur das Nahrung zuführende Organ vorstellt. Es ist leicht begreiflich, dass diese Faltenbildung nach der Seite von statten geht, auf der sie den geringsten Widerstand findet. Das ist aber bei Embryonen, welche in frühem Alter keine Hornschicht, sondern nur eine dünne Epitrichialschicht besitzen, nach aussen hin der Fall, während beim erwachsenen Thier die Stärke der Hornschicht eine solche Ausstülpung der Schleimschicht nach aussen unmöglich macht, so dass dieselbe sich als Zapfen in die minderen Widerstand bietende Cutis

einsenkt. An dem Baste eines Rehgehörns liess ich diese Einsenkung mit absoluter Sicherheit nachweisen. Kölliker meint nun, auch für die Embryonen eine Haaranlage durch Einsenkung als das Normale bezeichnen zu müssen. Es ist aber merkwürdig und spricht für den aufgestellten Satz, dass gerade die Tasthaare der Säuger es sind, welche als Wärzchen im Gegensatz zu dem übrigen Haarkleide angelegt werden. Die Tasthaare bilden sich nämlich am frühesten aus, also zu einer Zeit, wo am Embryo von einer Hornschicht fast nichts vorhanden ist, während erst viel später die anderen Haare auftreten, deren Bildung durch die inzwischen entstandene Hornschicht derart beeinflusst wird, dass die Schleimschicht sich nicht nach aussen, sondern nach der Cutis hin zu falten gezwungen ist.

Das System der Vögel.

Die Eintheilung der Vögel steht gegenwärtig auf ziemlich schwachen Füssen, da man immer mehr dahin kommt, dass jene Carina des Brustbeins, deren Vorhandensein oder Mangel die beiden grossen Gruppen der Carinaten und Ratiten trennt, als eine secundäre Erscheinung zu betrachten. Trotzdem sucht Dames in seiner vortrefflichen Abhandlung „Ueber Archaeopterix“ den Stamm der Carinaten zu dem der Ratiten in einen unvermittelten Gegensatz unter anderm dadurch zu bringen, dass er den ersteren allein den Besitz von Konturfedern, den letzteren aber nur Dunen zuerkennt. Diese Ansicht fällt meiner Meinung nach mit der in ihr sich kundgebenden mangelhaften Auffassung über das Wesen der Federn überhaupt. Im Laufe vorliegender Untersuchungen ist mehrfach betont worden, dass der Gegensatz zwischen Dunen und Konturfedern durchaus kein unvermittelter ist, sondern dass alle Arten von Uebergängen zwischen beiden fast an jedem Vogel zu finden sind. Wer aber die von unseren Damen als werthvolle Schmuckgegenstände hochgeschätzten Federn des Strausses einmal gesehen hat, wird den Eindruck einer Konturfeder bei weitem mehr empfangen haben, als den einer Dune. Der Schaft ist bei diesen Federn mitunter von einer Stärke,

wie wir sie nur bei den stärksten Konturfedern guter Flieger antreffen, die Aeste besitzen die lamellenförmige Gestalt und lassen die Radien am dorsalen Rande entspringen — alles Kennzeichen, die man bei keiner Dune finden wird. Aus diesen Gründen kann ich die Ansicht nicht billigen, welche den Ratiten die Konturfedern und damit ein früher besessenes Flugvermögen abspricht. — Was die Phylogenie der Vögel im Allgemeinen anbetrifft, so schliesse ich mich der Ansicht an, dass die Vögel eine monophyletische Abstammung besitzen. Wie ich mir die Trennung der Ratiten von den Carinaten denke, habe ich in nachstehender Tabelle wiederzugeben versucht.

I. Reptilienartige Vögel mit einem wärmenden Kleide, hergestellt aus den am Ende zerfaserten Hornzapfen der Haut, ähnlich den Embryonaldunen. Keine Fluren. Kein Flugvermögen.

II. Erste Flieger. a. Differenzirung der ersten Fluren (Schwanz und Flügelfluren).

b. Auftreten einer grösseren Anzahl von Fluren; Gliederung des Federkleides in Konturfedern und Dunen.

III. Trennung der Vögel in zwei Gruppen, von denen die eine den Flug zur höchsten Vollendung bringt und den grössten Theil der späteren Carinaten bildet, während die andere den Stamm der Laufvögel darstellt, von welchem sich die Ratiten abzweigen.

Literatur über die Feder.

Die vom Vf. besonders benutzten Werke sind durch * bezeichnet.

Aristoteles, De pennis avium et earum mutatione. Hist. anim. Lib. 3. cap. 12.

Hieronymi Senis (Fabricii ab Aqua pendente) de totius animalis integumentis Patav. 1618. Opera omnia ex edit. J. Bohnii Lips. 1687.

Robert Hooke, Micrographia or some physiological Descriptions of some minute bodies made by magnifying glasses with observations and inqueries there upon. London 1665.

Jean Mery, Observations sur la peau du pelican. Mém. de l'Acad. des sciences de Paris depuis 1666—1699 T. 2. p. 144. T. 10. p. 483.

Leeuwenhoeck, Arcana naturae detecta. Delft 1695.

Poupart (Mém. de l'acad. d. sc. 1699) cf. Mém. de mus. 13, 329.

Malpighii, philosophi et medici Bononiensis opera medica et anatomica varia; Opera posthuma, p. 96. Venetiis. 1743.

Rostan, Parallèle de la nourriture des plumes et celle des dents. Acta Helvetic. Vol. 5 pag. 407.

Buffon, Naturgeschichte der Vögel; a. d. Französischem übersetzt, mit Zusätzen von F. Martini. Band I. Berlin 1772.

Martinet, Katechismus der Natur. 2. Theil; a. d. Holländischen übersetzt von J. J. Eberl. Leipzig 1780.

Peter Camper, over het zaamenstel der groote vedern in vogelen en derzelver verscheidenheit in byzondere soorten, in den Verhandel. van het Genootsch. te Rotterdam. Deel I Bl. 235. Uebersetzt in Camper's kleinen Schriften v. Herbell B. I. St. I. Leipzig 1784.

Reliqua librorum Friderici II. imperatoris de arte venandi cum avibus. Cum Manfredi regis additionibus Tom. II. Lipsiae 1788. (Lib. I. cap. LVII. de mutatione plumagii, quam generaliter faciunt aves singulis annis. Tom. I. pag. 66.)
(J. G. Schneider, Saxo. De plumarum pennarumque mutatione. Ad. Friderici II. cap. 45. 46. 47. 57. libri I. Tom. II. p. 151.)

J. K. Illiger, Versuch einer systematischen Terminologie für das Thier- und Pflanzenreich. Helmst. 1800.

Encyclopédie méthodique; histoire naturelle. Oiseaux. T. II. pag. 385.

S. Bechstein, Gemeinnützige Naturgeschichte Deutschlands Bd. 2. Zweite Auflage. Leipzig 1805. pag. 28.

Nitzsch, Ueber die merkwürdige Gestalt und Buntheit des Flaums (Magazin für den neuesten Zustand d. Naturkunde v. J. H. Voigt. Weimar 1806. Bd. 11. pag. 393.

Reich, Ueber das Häuren und Mausern (Berl. Magaz. Jahrg. III. p. 222).

Joseph und Karl Wenzel, Bemerkungen über die Structur der ausgewachsenen Schwung- und Schweiffedern. Tübingen. Cotta. 1807.

Tiedemann, Zoologie II. B. Anatomie und Naturgeschichte der Vögel. Heidelberg 1810.

Cuvier, leçons d'anatomie comparée. Recueilliées et publiées par C. Dumeril. (T. II. pag. 603) cf. Mém. d. mus. 13, 330.

J. K. Illiger, prodromus systematis mammalium et avium, additis terminis zoographicis utriusque classis eorumque versione. Berlin 1811.

A. Meckel, Ueber die Federbildung. Reil Archiv Bd. 12. pag. 37. 1815).

Dutrochet, de la structure et la régéneration des plumes. (Journal de Physique Mai 1819. T. 88. pag. 333. cf. Mém. d. mus. 13,331.

John Flemming, on the Changes of Colours in the Feathers of Birds, independent of Moulting. The edinb. phil. journ. Vol. II. pag. 271. 1820).

H. de Blainville, de l'organisation des animaux ou Principes d'anatomie comparée Strasb. 1822. (T. I. pag. 105) cf. Mém. d. mus. 13,334.

Horuschuh, Einige Bemerkungen über den Kleiderwechsel der Bergente (Anas marila). Froriep. Notizen Bd. IV. pag. 3. 1823.

Heusinger, Beitrag zur Kenntniss der Feder- und Haarbildung. (Froriep. Not. IV. 7. pag. 105. 1823.)

Cuvier, (Annales des sciences naturelles. IX. 1826 pag. 113).

Cuvier, observations sur la structure et le développement des plumes. Mém. de muséum d'hist. naturelle 1825. T. 13. pag. 327. Froriep. Notizen. XV. Nr. 9. 1827. Nr. 317. p. 131.)

Macgillivray, Ueber das Kleid der Vögel, zunächst in Bezug auf Beschreibung und Unterscheidung der Arten, Geschlechter und Ordnungen. (Froriep. Not. Bd. 20. Nr. 2. 1828.)

Eble, Die Lehre von den Haaren. Wien 1831. s 70. Federn. Thl. 1. pag. 128.

Nitzsch, pterylographia avium. Progr. Halae 1833.

Jaquemin, de l'ordre suivant lequel les plumes sont disposées sur le corps de l'oiseau. Comptes rendus de l'acad. d. sciences. Paris 1836. T. 2. Semetre 1. pag. 374.

Gundlach, de pennis. (Diss. inaug. Cassel 1837.)

Schwann, microscopische Untersuchungen. Berlin 1839. pag. 93.

*Nitzsch, System der Pterylographie. Nach seiner Handschrift mit Zusätzen über Entwicklung und mikroskopischen Bau) herausgegeben v. H. Burmeister. Halle 1840.

Geoffroi Saint-Hilaire. Ueber die Mauser der Vögel und insbesondere über Weibchen mit männlichem Gefieder. Essais de Zoologie générale 1841. Froriep. neue Not. Bd. 20, Nr. 3. — 1841.

Sundewall, Ueber die Flügel der Vögel. (K. Sv. Vet. Acad. för är 1843. Isis von Oken, Heft V. 1846. pag. 324.

Prechtl, Untersuchungen über den Flug der Vögel. Wien. 1846.

*Reklam, de plumarum pennarumque evolutione disquisitio microscopica. Lips. 1846.

Schrenk, De formatione plumae. Mitau 1846.

Roget, Popular comparative physiology of the animal and plant world. Bridgewater Treatises. — Uebersetzt von Kottenkamp. Stuttgart. 1848. pag. 325 und folgende.

Reichenbach, Handbuch der speciellen Ornithologie. 1851.

*Schlegel, Sendschreiben a. d. Altenburger Naturforscher. Naumannia. 1852.

Gaetke, Beobachtungen über Farbenwechsel durch Umfärbung ohne Mauser. Cabanis. Journal f. Ornithologie. 1854.

Altum, Ueber den Bau der Federn als Grund ihrer Färbung, daselbst.
Weinland, Ueber die Pinselzungen der Papageien, daselbst.
Engel, Ueber Stellung und Entwicklung der Federn Sitzungsberichte der Wiener Akademie. 1856.
*Holland, Pterologische Mittheilungen. Cabanis. Journ. f. Ornithol. 1864.
Homeyer, Ueber die Rückenfärbung des brütenden Kranichs. ibid.
Fatio, Des diverses modifications dans les formes et la coloration des plumes. Mém. de la société de physique et d'histoire nat. de Genève. 1866.
*Stieda, Bau und Entwicklung der Feder. Petersburger med. Zeitschrift. 1869.
*Stieda, Ueber den Bau der Puderdunen der Rohrdommel. Archiv für Anat. u. Physiologie. 1870.
*Samuel, die Regeneration der Feder. Archiv f. path. Anat. und Physiol. B. L. 1870.
*Pernitza, Bau und Entwicklung des Erstlingsgefieders, beobachtet am Hühnchen. Sitzungsberichte d. Wiener Akad. 1871.
*Stieda, Ueber den Bau der rothen Plättchen der Schwingen des Seidenschwanzes. Archiv für mikr. Anat. 1872.
*Studer, Die Entwicklung der Federn. Inaug. Diss. Bern. 1873.
Marshall, Pterologische Mittheilungen. Zoologischer Garten. B. 14—16. 1873—75.
*Kerbert, Ueber die Haut der Reptilien u. a. Wirbelthiere. Diss. Leipzig. 1876. Archiv für mikr. Anatomie B. XIII.
Studer, Ueber die Bildung der Federn bei dem Goldhaarpinguin und Megapodius. Actes de la 60e session de la société helvét. d. sciences naturelles. 1877.
Studer, Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Feder. Zeitschr. f. wiss. Zoologie. B. 30. 1878.

Von diesen beiden Arbeiten Studers wurde mir nur die letztere bekannt und auch diese erst, als ich meine Untersuchungen schon abgeschlossen hatte. Es ist in Folge dessen einiges, wie die Bildung der Seele, von mir als neu beschrieben, was Studer schon 1878 bringt, doch berühren sie die Hauptresultate vorliegender Arbeit nicht. Es ist von mir immer nur die Dissertation citirt.

*Fraisse, P., Embryonalfedern in der Mundhöhle der Vögel. Zoolog. Anzeiger. 1881. Nr. 85.
Schroeder, Pterographische Untersuchungen. Inaug. Diss. Halle 1880.
Kollmann, A., Der Tastapparat der Hand der menschlichen Rassen und der Affen in seiner Entwicklung und Gliederung. Leipzig.
Helm, A. F., Ueber die Hautmuskeln der Vögel, ihre Beziehungen zu den Federfluren und ihre Functionen. Cabanis Journ. f. Ornithologie. 1884.

*Dames, Ueber Archaeopteryx. Paläontologische Abhandlung. II. B. Berlin 1884.

*Gardiner, E. G., Beiträge zur Kenntniss des Epitrichiums und der Bildung des Vogelschnabels. Inaug. Diss. Leipzig. 1884.

*Fraisse, P., Die Regeneration von Geweben und Organen bei den Wirbelthieren insb. Amphibien und Reptilien. 1885.

Erklärung der Abbildungen.

Fig. I. Erstlingsfeder von der Taube.

Fig. II. Desgl. vom Hühnchen.

Fig. III. Desgl. von der Ente. *a)* Stück eines Hauptstrahls, *m* Markzellen, *N* Nebenstrahl. *b* Stück eines Nebenstrahls, *w* Wimpern. *c)* Stück des Schaftes, *l* luftgefüllte Markzellen.

Fig. IV. Erstlingsfeder von Rhea americana.

Fig. V. Erste Anlage der Feder. *e* Epitrichialschicht, *r* rete Malpighii, *c* Cutis.

Fig. VI. Etwas weiter entwickelte Federpapille.

Fig. VII. Dieselbe quer geschnitten.

Fig. VIII. Federpapille nach vollzogener Einkerbung der Epidermis.

Fig. IX. Schnitt durch den oberen Theil einer definitiven Feder *Cp* Cutispapille, *Cg* Capillargefäss, *H* homogene Grenzschicht der Cutis. *Fs* Feder- oder Hornscheide. *E* Epitrichialschicht. *Ae* Aeste, *R* Radien mit noch unvollkommenen Häckchen.

Fig. X. Schnitt nahe der Mitte einer Federfahne. *Cp* Cutispapille, *R* Zellreihen, welche Radien mit den anhaftenden Häckchen zu bilden im Begriff sind. Das zwischen diesen Zellreihen liegende Zellmaterial wird zum Bau des Astes, an dem die Radien befestigt sind, benutzt.

Fig. XI. Haarfeder.

Fig. XII. Plättchenfeder von Gallus Sonneratii.

Fig. XIII. Zelle vom Radius einer irisirenden Kolibrifeder mit eigenthümlich regelmässiger Pigmentvertheilung.

Fig. XIV. Uebergangsstelle von einer Erstlingsfeder zur bleibenden Feder bei der Ente. *Spe* Spule der Erstlingsfeder, *Sch* Schaft der bleibenden Feder.

Fig. XV. Desgl. bei einer Eule. *eF* Erstlingsfeder, *Sp* Spitzen der bleibenden Feder.

Für die vortreffliche Ausführung von Fig. IV und IX–XV bin ich Herrn Etzoldt zu besonderem Danke verpflichtet.

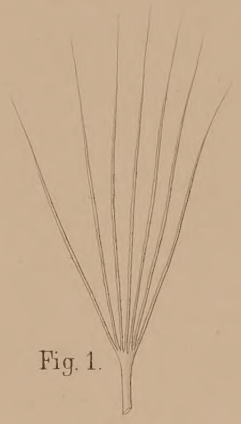


Fig. 1.

Fig. 2.

Fig. 3.

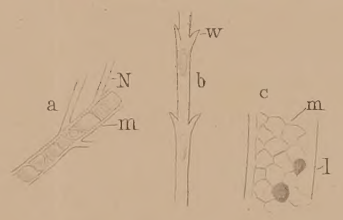


Fig. 4.

Fig. 5.

Fig. 6.

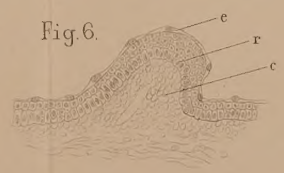


Fig. 7.

Fig. 8.

Fig. 9.

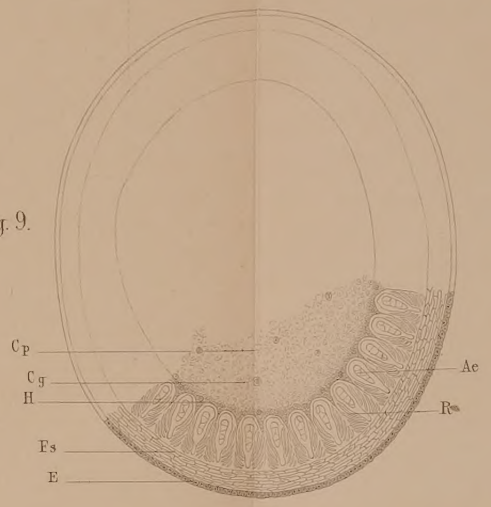


Fig. 10.

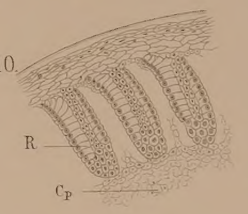


Fig. 12.

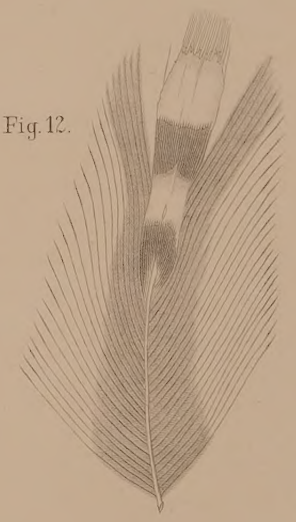


Fig. 13.

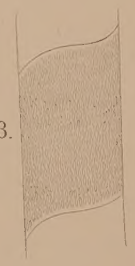


Fig. 11.

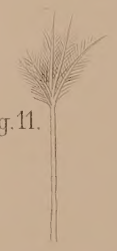


Fig. 14.

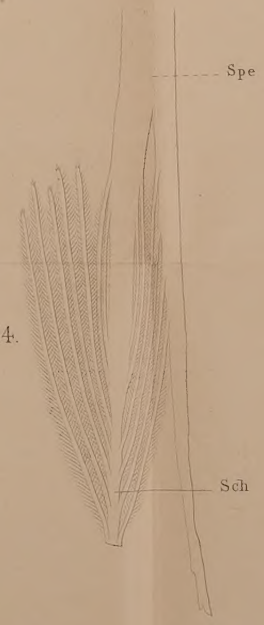
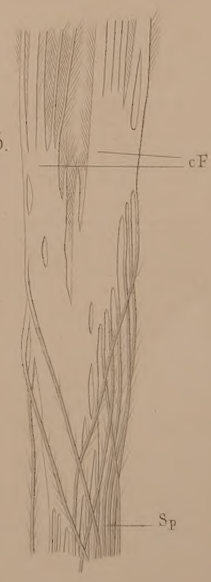


Fig. 15.



Lith. v. H. Springer, Leipzig.